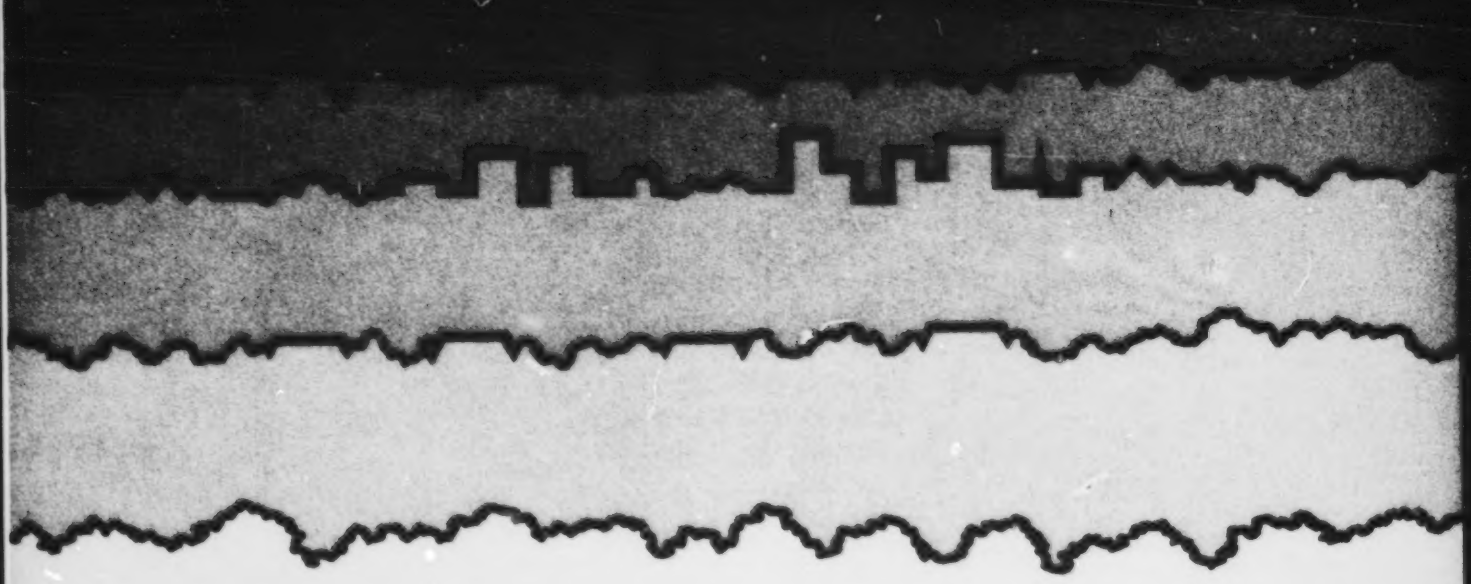
CEARC Canadian Environmental Assessment Research Council

CCREE Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale



EIS PROCESS AND DECISION MAKING

Yves Phaneuf

EIS PROCESS AND DECISION MAKING

Yves Phaneuf
Institut d'urbanisme
Université de Montréal

A Background Paper Prepared for the
Canadian Environmental Assessment
Research Council

91-00779/

© Minister of Supply and Services Canada 1990

Cat. No. En107-3/16-1990

ISBN 0-662-57521-0

Think Recycling!

Please, recycle!

FOREWORD

The Canadian Environmental Assessment Research Council (CEARC) was established in January 1984 to investigate and explore the scientific, technical and procedural aspects of environmental assessment (EA), and to find ways of improving its effectiveness.

CEARC seeks and encourages new ideas and research directed at clarifying the concept and improving the practice and efficiency of the assessment of environmental and related impacts of projects, programmes or policies undertaken for economic or social development.

The results and conclusions of CEARC's studies are made available to governments at all levels, industry, universities and the public through its publication series.

The purpose of CEARC-sponsored background papers is to provide relevant information and to stimulate discussion on the topics of interest to the EIA community. The opinions expressed, however, are strictly the authors' own and do not necessarily reflect the views of the members of the Council or its Secretariat.

This report presents the result of research funded through CEARC's Graduate Student Research Contract Programme (GSRCP). The GSRCP was established by the Council to assist graduate students at Canadian universities conducting research on environmental assessment. Each year the Programme's Selection Committee identifies the best graduate student report(s) submitted to CEARC for publication in its Background Series.

For more information pertaining to the Council's activities and its publications, please contact:

The Secretariat
CEARC
13th Floor, Fontaine Building
200 Sacré-Coeur Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3

Tel: (819) 997-1000
Fax: (819) 994-1469

ACKNOWLEDGEMENT

This research report was conducted with a research grant from the Canadian Environmental Assessment Research Council (CEARC) in 1985.

Michel Gariepy, associate professor at the University of Montreal's Institut d'urbanisme was project director and Olivier Soubeyran, also an associate professor at the Institut d'urbanisme, was assistant project director.

This research report presents the methodological role that could be payed by a decision aid model, manelly the ELECTRE model, in envirionmental impact studies. The ELECTRE model was developed at the Laboratoire d'analyse et modélisation du système d'aide à la décision (LAMSADE, or from LAMSADE documents (cited in the bibliography).

TABLE OF CONTENTS

Foreward
Acknowledgement

1. **INTRODUCTION** 1

2. **THE ELECTRE METHOD** 3

ELECTRE I AND II 4

ELECTRE III 6

3. **THE PROJECT UNDER STUDY** 7

Study of the context 7

Information on the study zone and on the installation corridors and areas 9

Selection of the example of application 14

4. **EXAMPLE OF APPLICATION OF THE ELECTRE III MODEL** 17

Multicriteria assessment table: Determination of the set of potential actions 17

Multicriteria assessment table: Determination of the assessment criteria 18

Multicriteria assessment table: Determination of the indices of importance 22

Multicriteria assessment table: Determination of the levels on each of the criteria 23

Calculation of the indices of concordance: cj(a,b) 23

Calculation of the indices of discordance for each criterion 24

Calculation of the concordance relation: C(a,b) 24

Calculation of the indefinite outranking relation: d(a,b) 25

The classification algorithms 27

Principles of the classification algorithm 27

5. **CONCLUSION** 39

1. INTRODUCTION

Any scientific study involves selection of the methods of analysis. This selection is determined, on the one hand, by the problem involved in the study and, on the other, by the objectives of the study. Scientific examination of the problems caused by man within his environment, or, more specifically, impact studies, involve this same problem of the selection of research methods.

An impact study consists essentially of using acquired information to anticipate possible changes and their consequences on the environment as a result of the implementation of a project. This is its primary objective. Because the content of impact studies may vary considerably depending on the project under study, and because the environment is a dynamic system made up of a multitude of factors, all of which must be taken into consideration, a project's impact on the environment will inevitably affect a number of aspects of the area in which it is implemented. For these reasons, choices must be made, either among a number of potential impacts of a project, or among a number of possible sites for the project, or even between proceeding and not proceeding with the project under study, etc. In order to permit these choices, the impacts identified by the impact studies must be assessed. Impact studies are produced to assist in making this choice.

In short, impact studies thus involve a dual problem: determining the impacts which a project will have on its environment and assessing the project on the basis of these impacts and of economic and social considerations, etc.

The task of synthesis and analysis arising out of a problem of this nature reveals the extreme complexity of the problem. This complexity is related, on the one hand, to the large number of factors involved, many of which may be contradictory or, at least, difficult to quantify (for example, it is frequently difficult to quantify adequately the social impact of a project), and frequently, on the other, to the large number of parties affected or concerned by the potential impact of a project (each with its own view and its own values to defend in relation to the project under study). Yet a decision will be made as to the desirability of proceeding or not proceeding with the project under study. Since this decision will be made on the basis of the scientific analysis performed, we believe that it is important that this effort at synthesis and assessment be performed with the assistance of instruments (or methods) which make it possible to structure, stimulate and guide reflection on the choices to be made.

From this perspective, we shall attempt to test the potential contribution to the process of assessing environmental impact offered by a methodology (the ELECTRE method) which permits and regulates the type of constraints affecting the selection of an action which may modify one or more elements of the environment. The question which we will attempt to answer is thus a dual one:

- *how* is a choice to be made between a number of possible actions or options? and
- *how* are options to be selected when they are judged on the basis of criteria which in many cases are not comparable?

Choosing involves making a decision which indicates the *preference* assigned to one object, person or idea over others. Indicating one or more preferences implies the expression of a *judgment* or feeling that one object, idea or person is considered superior, better or more important than the rest. It is like expressing an order of magnitude or a scale of value with respect to a number of *objects*. These definitions also imply acceptance of the need for comparisons on the part of the individual or individuals making the choice. Choice is impossible for those who refuse to establish relations of relative importance among the various *objects* in competition.

The four generations of the ELECTRE model, developed by Bernard Roy[1], have been prepared on the basis of this concept of preference (implied in any choice) to guide the decision-making process. The ELECTRE models represent preferences in a formal manner (mathematical modeling), defined as *outranking relations* by a multicriteria problem.

We thus propose to use a project which has been the subject of an environmental impact assessment to:

1. define more specifically the type of content and the conditions for application of the ELECTRE model;
2. identify one stage in the impact study which clearly reflects the problem involved in the process;
3. perform a detailed application of the ELECTRE model;
4. analyse, in conclusion, the contributions and suitability of the ELECTRE method to the EIS process in relation to the example of application.

---

[1] In the past fifteen years, four generations of models (ELECTRE I, II, III AND IV) have been developed by B. Roy's School: The Laboratoire d'analyse et modélisation du système pour l'aide à la décision (LAMSADE, Université de Paris-Dauphine).

2. THE ELECTRE METHOD[2]

In preparing a mathematical representation of preferences, the modeler uses *descriptors* and *evaluators*. We use the term evaluators for the projection of the set of options on a set of descriptors. The descriptors may be mathematically very different. They may be:

- measurements;
- totally ordered sets;
- elements of a set;
- something in between.

The concept of a descriptor does not include the idea of preference. That of *criterion* does. We will use the term criterion for a descriptor involving a preference structure. In fact, a measurement (for example, temperature expressed in degrees Celsius) does not represent a value judgment, but rather the collection and systematic classification of data on one or more objects. The results of measurements may be subsequently assessed. We then interpret the results of the measurement by assigning it a significance, and making a value judgment. Thus, a single descriptor may have a number of different significances on the same assessments; hence the idea of a number of possible viewpoints on a single problem. We shall see later how the ELECTRE III model makes in-depth use of this concept of a preference structure on a criterion.

An assessment table is thus developed on the basis of the matrix of data on each of the actions.

	Criteria 1	2	3
Actions			
a			
b			
c			

In short, in order for a descriptor to be a criterion, it must first have some involvement in the decision problem under study. Similarly, since the structure associated with the descriptor does not necessarily coincide with its preference structure, this preference structure must be defined.

In addition, the ELECTRE method makes it possible to express other value judgments on the basis of the relative importance of the criteria, by assigning a (numerical) weight to each of the criteria. The assessment table thus takes the following form:

	Criteria 1	2	3
Actions			
a			
b			
c			
weights	x	y	z

In relation to the specific problem in question, modeling thus involves the following steps:

1. Definition of the set of possible alternatives for the problem under study.
2. Identification of the descriptors to be taken into consideration in selecting the preferred option and definition of the preference structure of these descriptors (that is, definition of the criteria).
3. Preparation of a double-entry table: the criteria are listed along the side, the possible alternatives across the top. At each of the intersections, we place the assessment of alternative (a) on criterion (e). This table is called: *multicriteria assessment table.*
4. Determination of the weights assigned to each of the criteria.

This formulation of the case under study is one of the most important and most delicate steps in any decision-making study. It is essential:

- to select the proper set of possible actions or alternatives, that is, the set which contains all the actions to be taken into consideration;
- to canvass all the relevant viewpoints (or preferences);
- to identify the descriptors and criteria expressing these viewpoints;
- to identify evaluators which are at once reliable and functional.

Finally, before beginning the actual modeling process, it is necessary as well to determine the type of multicriteria problem to be dealt with, that is:

- finding one option which is preferred to all the rest;
- finding a subset of the set of options containing the preferred option;

---

[2] Our presentation on the ELECTRE method is essentially drawn from the description provided by Alain Schärlig in: *Décider sur plusieurs critères, Panorama de l'aide à la décision multicritère*, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1985.

- visualizing the preferences of a number of the parties to the process with respect to the preferred option;
- assigning the set of options an overall order or preorder structure, that is, ranking the options from best to least good on the basis of the preferences expressed.

The ELECTRE model uses the data from the multicriteria assessment table to "calculate" *outranking relations* among the various options.

The manner of establishing an outranking of one option by another is based on a concept expressed by Condorcet in 1785, in connection with democracy: one action outranks another if it is at least as good as the other in respect of a majority of criteria, without being too markedly inferior to the other in respect of the other criteria[3]. Outranking is thus subject to a condition of *concordance*, a condition requiring that a certain majority of the criteria favour the outranking option; at the same time, it is subject to a condition of *non-discordance*, a condition requiring that there be no overly strong pressure in any one of the criteria in favour of the inverse outranking. It is possible, for example, to have a single divergent criterion, of little weight in the set, yet have the divergence on this criterion so significant that it makes the outranking implausible. This is Condorcet's concern. Outranking relates to only two options at a time. Since pair a/b is different in this case from pair b/a, all the options must be reviewed, one at a time, and compared to all the others, in order to determine in each case whether or not the first outranks the second. In this way, we can establish a double-entry table, in which the entries consist of the list of options, expressing the outrankings of one option over another.

Table of outrankings

Option	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

ELECTRE I and II

ELECTRE I (1968) is the oldest and simplest of this family of models. It is concerned with the problem of choice, or *alpha* problem. The choice problem consists of identifying a subset in the set of options considered which contains the "best" options or, failing that, the "most satisfactory" options.

The index of concordance is obtained by considering the criteria for which the first option is at least as good as the second (hence $\geq$). The weights of these criteria are summed, and this sum is divided by all the weights. This final operation serves to norm, that is, to obtain an index between 0 and 1.

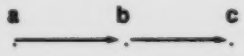
The index of discordance seeks to identify the criteria in which the divergence is strongest, that is, the criterion in which the difference in the assessments of the two options compared shows the greatest discordance on outranking. This difference is then divided by the length of the largest scale of numerical values assigned to the criteria, again in order to obtain an index between 0 and 1. Thus, the larger the scale of values, the larger the potential index of discordance for this criterion. In contrast, the length of the scales plays no role in calculating the index of concordance: instead, it is the weights which influence the results obtained for this index.

When these calculations have been performed for all possible ordered pairs, they can be summarized in two matrices: a matrix of the indices of concordance and a matrix of the indices of discordance. Applying Condorcet's rule, one option outranks another only if the concordance with the data is good and the discordance is not too high on any of the criteria. Selection of these "reference" values is the responsibility of the user of the model.

ELECTRE I does not make decisions. The method allows the user to make the final separation, a trait characteristic of the multicriteria approach, on the basis of the viewpoints expressed by those responsible or by other interested parties. These viewpoints, as formulated by ELECTRE I, are reflected in the outranking graph. It is by analysing this graph that a subset of the "best" options is identified.

The subset is defined by the authors of ELECTRE on the basis of graph theory: it is the node of the outranking graph. The definition of node, as the term is used in graph theory, corresponds closely to the goal of the ELECTRE method: a node is obtained in a given graph by selecting a subset such that each of the vertices eliminated is outranked by at least one of the vertices retained, and such that none of the vertices retained is outranked by any of the others retained as well.

Determination of the subset is based on intransitivity. For example, the node of the following examples consists of options a and c:



If the relation were transitive, then option a would be the only element of the node[4]. However, since we are dealing with a multicriteria problem, in order for a to outrank c, there must be an arrow running directly from a to c. We can

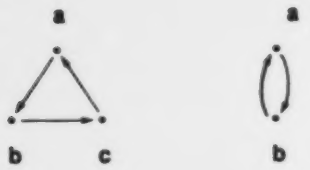
[3] At least as good means that the criteria rating the action equal are considered equivalent to those rating it better.

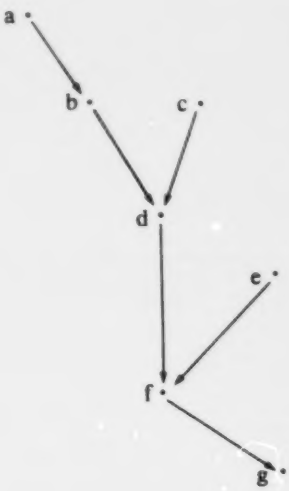
[4] By definition, a relation R is transitive if: aRb and bRc => aRc. This is the case in particular with relations such as "equal to" or "less than" where: a < b and b < c => a < c
But a relation may not necessarily have this property. The relation "is equal to twice" is not transitive. This is true for a number of other relations, which are therefore described as intransitive.

sure in the preceding example that the criteria on the basis of which **a** outranks **b** are different from those on the basis of which **b** outranks **c**. If these criteria were the same, then **a** would obviously have outranked **c** as well.

Once we accept intransitivity, we also accept the presence of circuits in the graph. Circuits are cases in which pairs of options mutually outrank one another. Initially they are considered equivalents. The vertices connected by a circuit are then combined into a single equivalence class in the graph.

Example of circuits:





ELECTRE II and III, produced a few years after ELECTRE I, again under the direction of Bernard Roy, fit the same pattern.

ELECTRE II (1971-72) was produced to create a method for use in the problem of ranking, in which options are to be classified from the "best" to the "least good". In addition, a number of new features were included.

In order to eliminate, as far as possible, the circuits produced by overlapping of the criteria "considered" equivalent, the sum of the weights of the criteria which are better in relation to the weights of the discordant criteria for an outranking of one option over another must be greater than 1.

For the remainder, the index of concordance does not change, but it is assigned three levels. Similarly, the definition of the index of discordance does not change, but it is calculated for each discordant criterion and is assigned two levels in each discordant criterion. The levels of discordance are selected on the basis of the length of the scale of assessments associated with each criterion.

All these levels provide the basis for another new feature, the distinction between weak and strong outrankings. The outranking graph will thus consist of these two types of outrankings.

In order to deal with the ranking problem, ELECTRE II then attempts to perform two rankings of the options on the basis of the outranking graph, that is, one "direct" classification and another "inverse" classification. For the direct classification, we look at the strong outrankings in order to rank the options by classes, on the basis of the length of the paths. In graph theory, the length of a path is the number of arcs (arrows) of which it consists.

Thus, the first class consists of non-outranked options, that is, those options at which a path of zero length terminates (options **a**, **c** and **e** in the example above). The second class consists of those options at which a path of length 1 terminates (these are the options which would be non-outranked if the first class were eliminated from the graph), etc. Tied options in the same class are distinguished, wherever possible, on the basis of the weak outrankings.

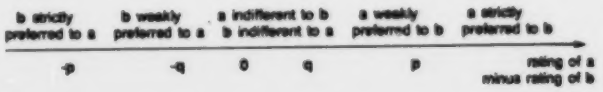
For the second, or inverse, ranking, the options are ranked on the basis of the length of the paths, again using the strong outrankings, but this time with the paths emanating from them. Thus, the first class now consists of those options from which a path of maximum length emanates; the last class now consists of those options which are not outranked by any others. Once again, tied options are distinguished within the classes on the basis of the weak outrankings.

The two classifications are then compared. If they are relatively similar, we can assume that the results of the procedure are solid. If the results differ too widely, it is because no classification of all the options presented, on the basis of the criteria and levels used, can be given with any guarantee of solidity. We can then consider the options showing wide variations in the two rankings as impossible to classify on the basis of the information available. These options are then considered non-comparable actions. The ELECTRE methods recognize this situation, which is described as "option incomparability". Incomparability is a situation in which the effort to clarify a decision is hampered by the imperfection of the information available (a relatively common situation). These two concepts, intransitivity and incomparability, are based on human considerations. This is one of the principal qualities of the ELECTRE methods.

ELECTRE III[5]

Like ELECTRE II, ELECTRE III deals with the problem of ranking. However, ELECTRE III does not attempt to identify only two types of outranking, strong and weak, but considers an entire family, ranging from the totally strong (rated 1) to the totally weak or nonexistent (rated 0), and including all possible levels on the continuous scale between these two extremes. In addition, ELECTRE III considers outrankings in relation to their degree of credibility. The degree of credibility is rated 1 for an outranking completely justified by human judgment, and 0 for an outranking which cannot possibly be justified. As in the preceding ELECTREs, the outranking relation makes use of concordance and discordance, albeit in a different manner. This time, the calculation of concordance includes a number of different levels. This permits the introduction of the concept of a preference structure for the assessment criteria.

We can look at the difference by taking the rating of option a minus the rating of option b. This difference - whether positive or negative - may be considered too weak to be of any significance; in this case, we have a situation of indifference. In applying ELECTRE III, this involves defining a value q, known as the indifference level, and deciding that indifference exists when the difference is less than q. If, however, the difference is very strong, greater than a quantity p, known as the preference level, the more highly rated option is considered to be preferred. In this case, we have a situation of strict preference. Between the two, that is, between q and p, is the zone of weak preference for the more highly rated option. This situation thus reflects a transition between indifference and strict preference.



These levels are selected by the user or users of the model. A preference structure is then defined in relation to each of the criteria, which then become, in Bernard Roy's terminology, *pseudo-criteria*. A pseudo-criterion is a criterion into which the two functions (or constants) p and q have been introduced. This formulation of the problem is based on human considerations which frequently conflict with mathematical logic, but are well adapted to the constraints of environmental problems. Definition of these levels thus makes it possible to assign each of the criteria its own preference structure.

As in ELECTRE I and II, the outranking relation is constructed through the application of the techniques of concordance and discordance to each of the criteria, before synthesis is attempted.

ELECTRE III thus attempts to rank actions by expressing the relative positions of the options in some detail and attempting to divide them into equivalence classes.

---

[5] Our description of ELECTRE III is derived from the research report prepared by Bernard Roy, author of the method (see bibliography).

3. THE PROJECT UNDER STUDY

The project which will be used as the basis for this study involves the construction of a 735 kV electrical power line and the construction of a 735-230 kV station in the Eastern Townships region of Quebec. Since this type of facility is subject to Quebec's Environment Quality Act (RSQ, c Q-2), the promoter of the project, Hydro-Quebec, performed impact studies which were made public in 1983 and reported on by the Bureau d'Audiences Publiques sur l'Environnement (BAPE). Analysis of this research will therefore be based on the impact studies performed in connection with the project, entitled "Poste Des Cantons à 735-230 kV et lignes 735 kV Nicolet-Des Cantons" [735-230 kV Townships station and 735 kV Nicolet-Townships lines].

Briefly, the intention to construct these new facilities is based on historical analyses of the increase in peak demand for electricity over a 15-year period (1966-1981) and on economic and demographic projections for a 17-year period (1981-1998) for Quebec as a whole.

Working from these data, the promoter produced projections of the demand for electricity for the period 1981 to 1998. The promoter then demonstrates that, by 1986, the demand for electricity in the Sherbrooke region will exceed the capacity of the existing network. The promoter thus justifies the construction of a new power line to serve the Sherbrooke region.

Study of the context

Two solutions involving voltages of 230 and 735 kV were examined. Both voltage levels are available at the Nicolet station, the only station considered close enough to Sherbrooke to offer a possible starting point for a new line. The Hertel and Boucherville stations were not considered for reasons of a technical nature[8] (Figure 1).

[8] These stations offer the possibility of a 315 kV option; but the distance of approximately 125 km separating these stations from the region to be supplied made this option technically unacceptable. Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, p 12.

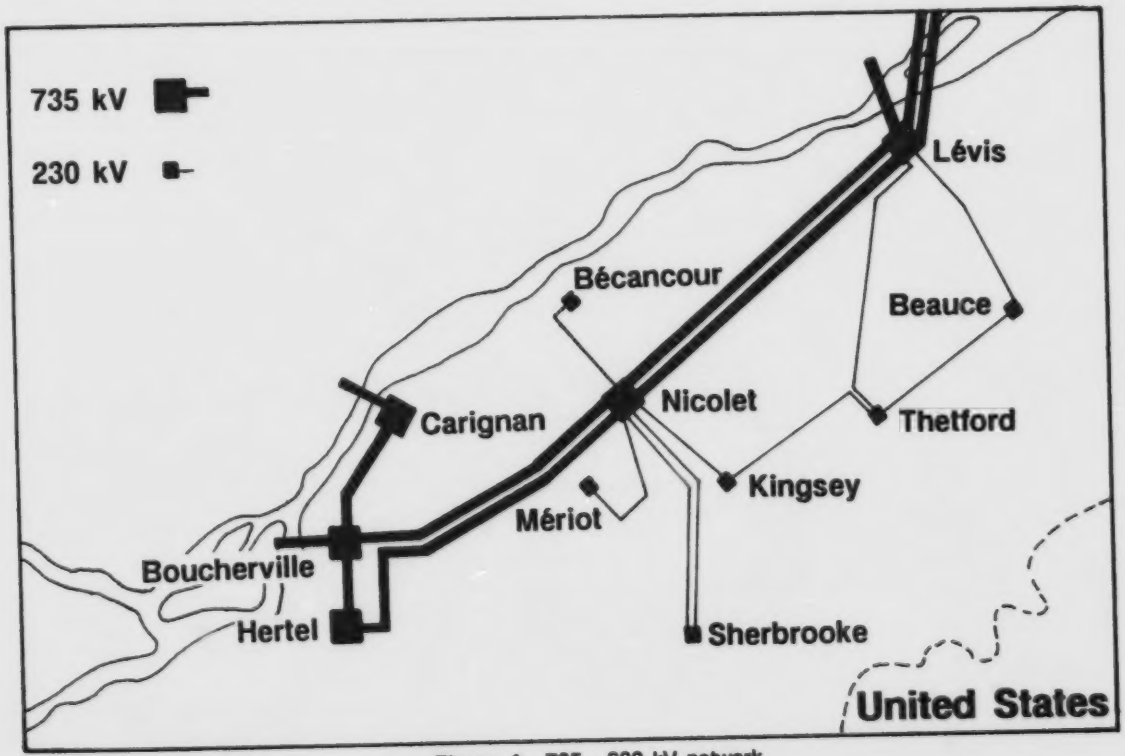


Figure 1: 735 - 230 kV network

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, p. 15.

In addition, the two solutions visualized must form part of a network designed to meet the long-term needs not only of the Eastern Townships region but also of the entire region bounded by the St Lawrence River, the American border, the town of Montmagny (east of Quebec City) and the Ontario border. The assessment thus considers three closely related projects within this area:

- the construction of the 735 kV Delorme station to meet anticipated demand in the Saint-Hyacinthe-Granby region. It is expected that this station will be required by about 1989;
- the construction of new facilities to meet anticipated long-term demand in the Beauce-Thetford region, about the year 2000;
- the construction, about 1995, of a new 735 kV line across the St Lawrence between Quebec City and Trois-Rivières.

All these projects are associated with the establishment of a 735 kV network in this area.

An initial 230 kV solution was therefore considered. This project involves retaining the same supply voltage. In the short term, this means constructing a 230 kV sectioning station by 1986 in the Sherbrooke region and a new 230 kV double-circuit line approximately 70 km long to connect this station to the Nicolet station. Given anticipated demand, this solution would make it possible to meet the Sherbrooke region's needs adequately over the long term, that is, for approximately 20 years.

Another solution, involving 735 kV voltage, was also studied. This would involve constructing a 735-230 kV station and connecting it by means of three 230 kV lines to the existing Nicolet-Sherbrooke lines. This future station would be connected to the existing network at the Nicolet station by a 735 kV line.

Given anticipated demand, these new facilities would be used, initially at least, at a voltage of 230 kV. According to the promoter, by 1996 it will no longer be possible to meet demand in the event of a breakdown on one of the four 230 kV circuits of the Nicolet-Sherbrooke network. The Sherbrooke station (known as the Des Cantons [Townships] station) will thus require a second 735 kV line.

Economically, the two solutions considered are comparable. The cost of a 735 kV solution is estimated at $107 million and that of the 230 kV alternative at $105 million.

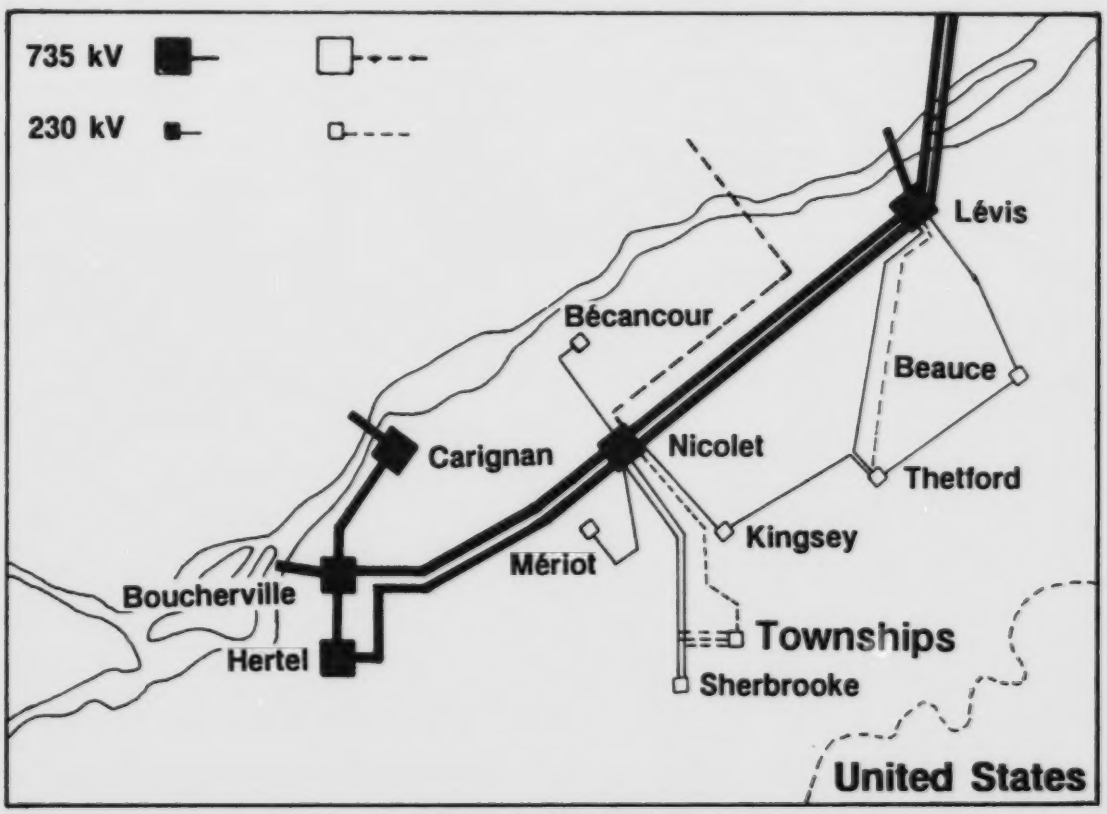


Figure 2: 230 kV solution

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, p. 15.

Technically, the 735 kV solution is considered preferable:

- better adaptation to demand;
- better because 230 kV lines permit considerable loss of electricity over long distances and hence underutilization of the power lines;
- the 735 kV solution would permit the eventual establishment of an additional 735 kV link between the Quebec City region and Drummondville and a shorter line to the new river crossing.

Environmentally, the 735 kV solution would provide power for a longer period than 230 kV circuits, and thus minimize the additional facilities required in the area: in the long term, the 230 kV solution would involve the installation of another line along this axis (given the anticipated demand for electricity).

In addition, the 735 kV solution would make it possible to link all the proposed facilities for a 735 kV network in the region of the South Shore of the St Lawrence, as defined above.

This initial stage of the impact study thus made it possible, on the one hand, to opt for the establishment of a 735 kV line and, on the other, to define the study zone for the subsequent stages of the impact study. This study zone is defined on the basis of the existing electrical network supplying the Sherbrooke region and on the basis of the selected starting point (the Nicolet station) for the new power line.

Information on the study zone and on the installation corridors and areas

A systematic initial inventory of the human and natural areas involved was performed on a scale of 1:125,000, taking into account existing, potential and foreseeable factors. The study zone was thus divided into ecological regions and districts, using Jourdant's methodology.

Eight ecological regions and 74 ecological districts were defined by Hydro-Quebec. The promoter then proceeded to assess the relative importance of the elements of the human and natural areas, in order to identify the environmental assets at stake for each ecological district and to determine their degree of resistance to implementation of the project.

By environmental assets, the promoter means everything that can be lost or affected, from the environmental standpoint, by the establishment of a line or station within the given area.

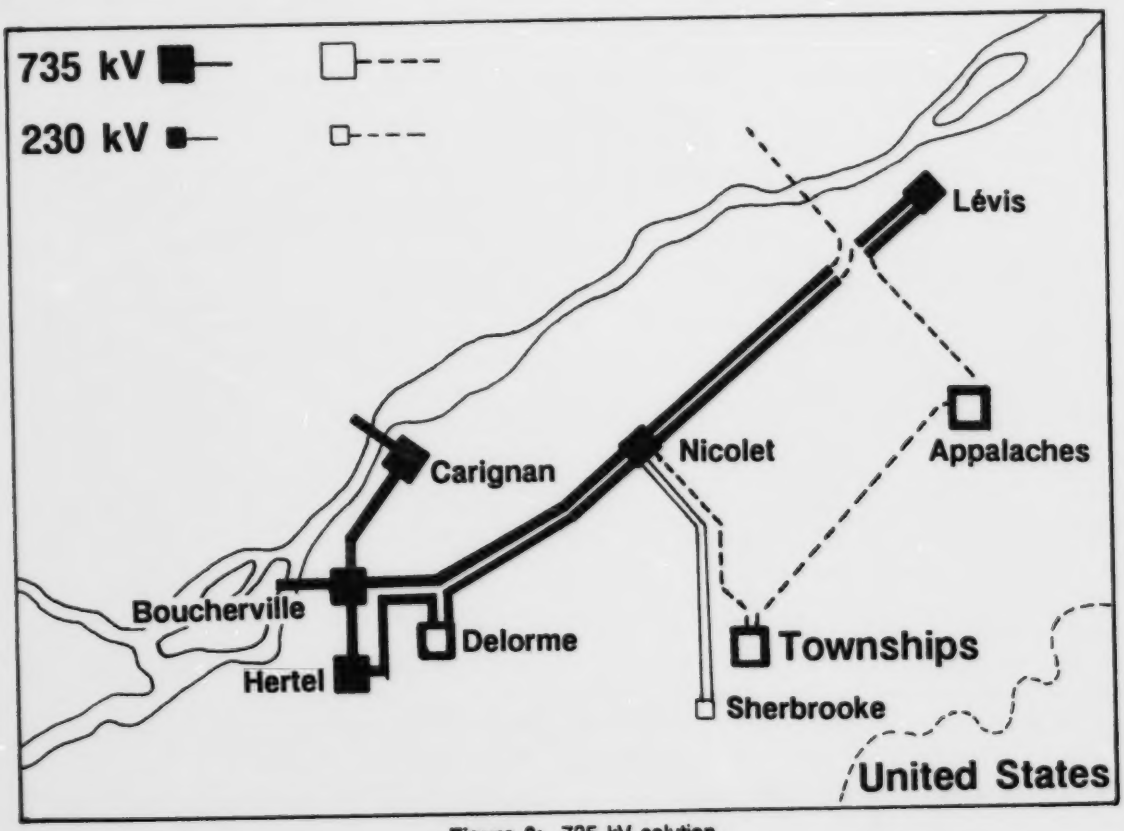
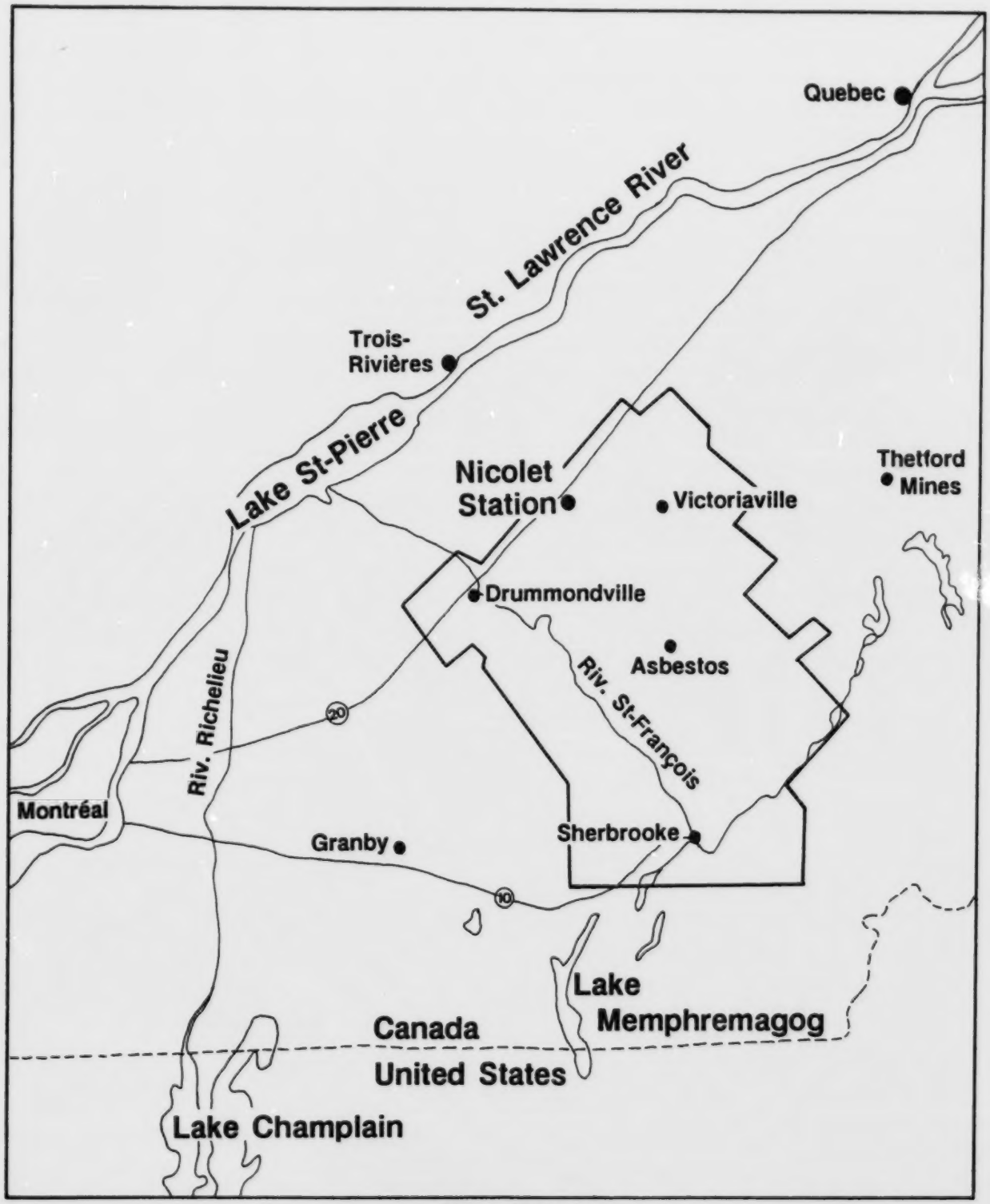


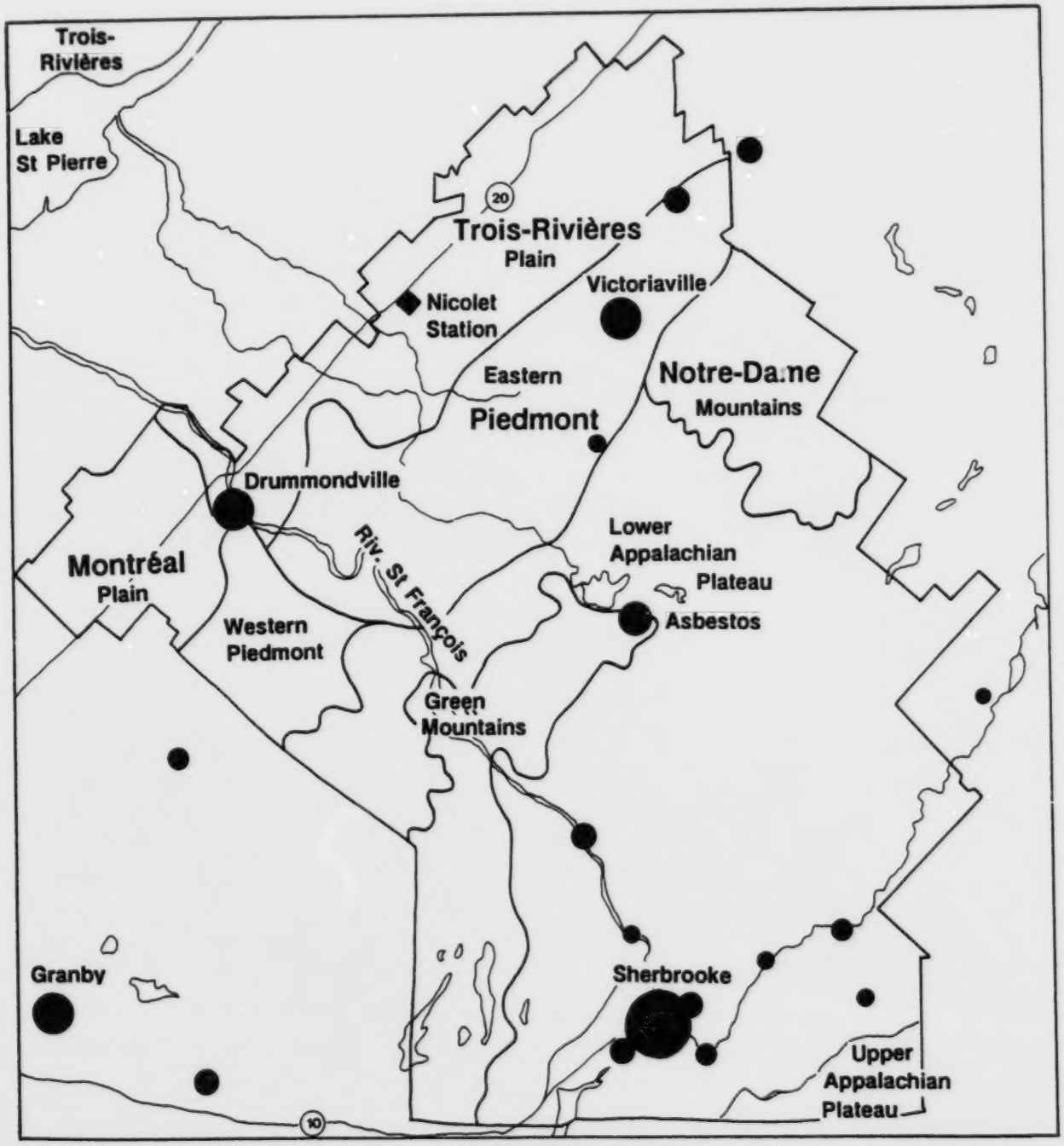
Figure 3: 735 kV solution

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, p. 23.



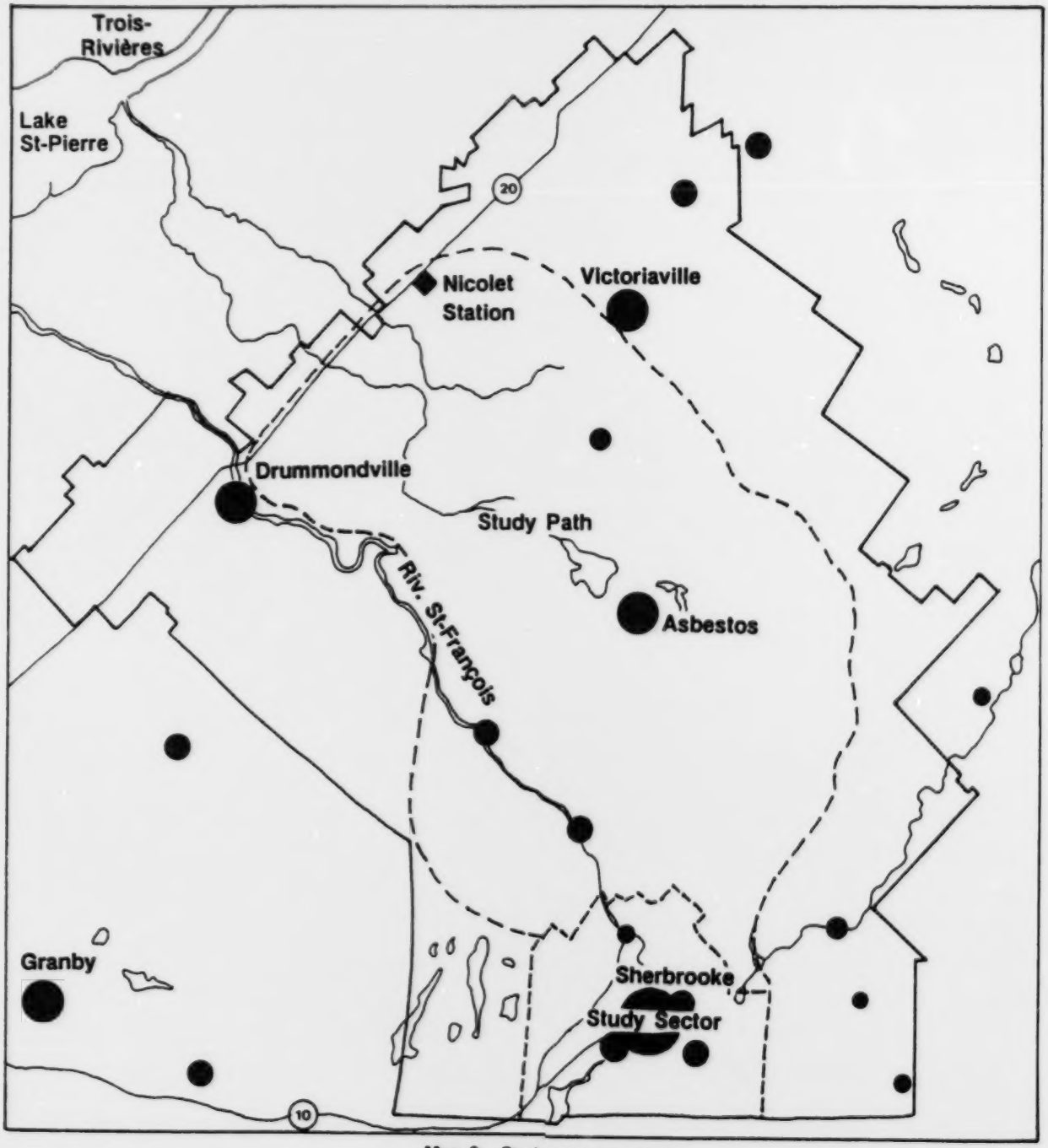
Map 1: Study zone

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet: Dossier cartographique [Report on preliminary studies: Cartographic file], April 1983.



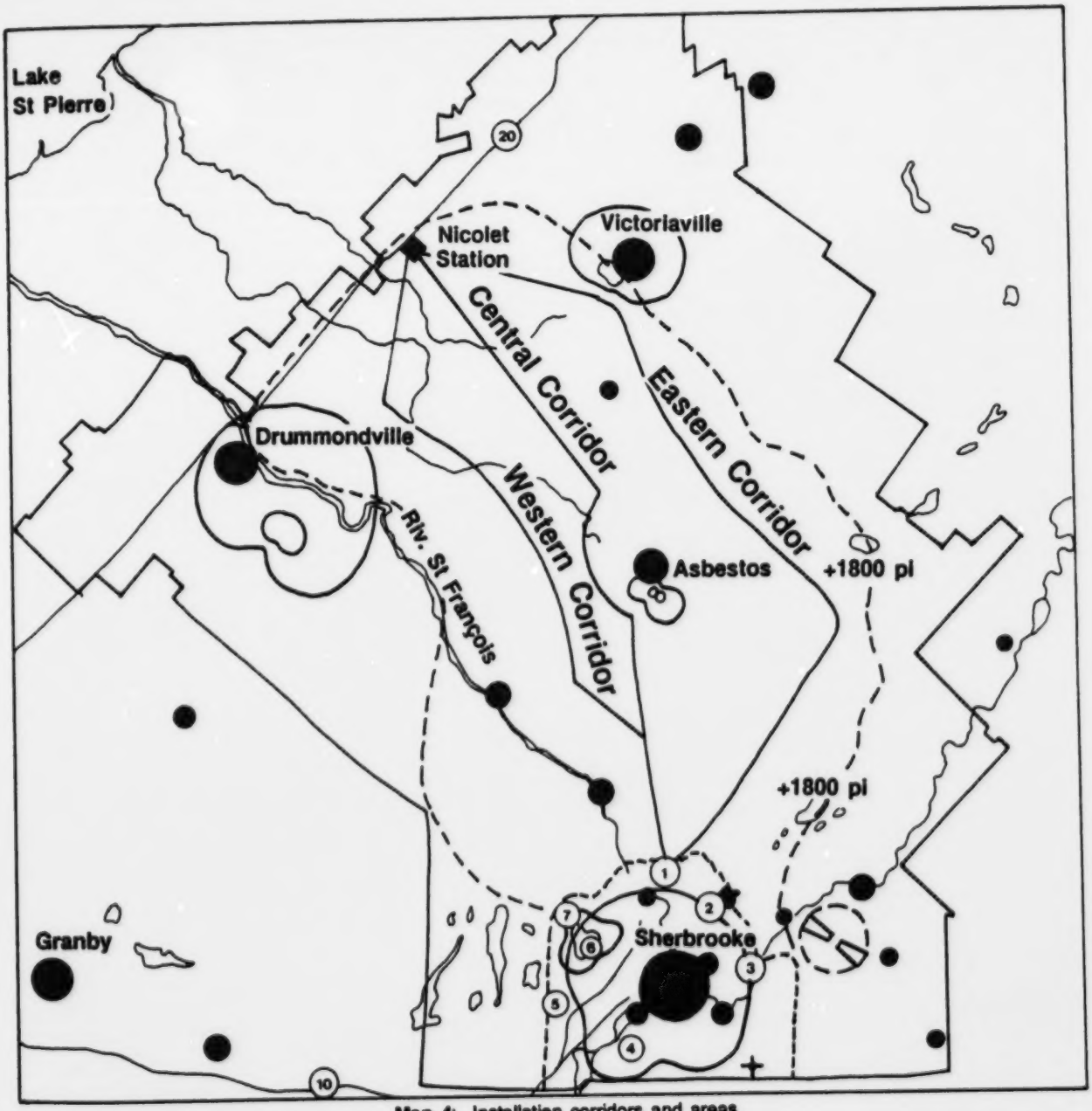
Map 2: Ecological regions

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet: Dossier cartographique [Report on preliminary studies: Cartographic file], April 1983.



Map 3: Study path and sector

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet: Dossier cartographique [Report on preliminary studies: Cartographic file], April 1983.



Map 4: Installation corridors and areas

1 Brompton Township installation area

. Constraints and resistance:

. Air spaces
- Radiation diagram, (0)1000 and (0)1200 mV/mNA
- Clearance (airport)
- Horizontal area (airport)
- Other communication tower

. Land spaces
- 1800 Altitude over 1800 feet

Source: Hydro-Québec. Rapport sur les études d'avant-projet: Dossier cartographique [Report on preliminary studies: Cartographic file], April 1983.

A weighting is then assigned to each of the indicators selected, in order to define three levels of environmental assets:

- major assets include spaces protected by law or spaces highly valued by the population;
- important assets are well-established agricultural production spaces and spaces valued by the population for vacation and recreational activities;
- weak assets are spaces with no major or important assets.

This stage was used to exclude a number of districts considered spaces with major assets, in order to reduce the study zone to a study path and a study sector.

Within the study path, three possible corridors for the installation of a power line were defined on the basis of the constraints and resistance of the land and air spaces involved. Similarly, seven potential areas for the installation of the future 735-230 kV station were defined within the study sector.

Hydro-Quebec then prepared a second analysis of the inventories, at a scale of 1:20,000, to define the homogeneous elements of the area in terms of environmental units. These environmental units (441 units were identified) were then ranked on the basis of their resistance to the establishment of a station or passage of a line. This weighting defined five levels of resistance:

- first, special areas protected by law or valued by the population;
- second, urban and vacation areas;
- third, agricultural and agro-forestry areas;
- fourth, forest areas;
- fifth, para-urban areas.

Comparative analysis on the basis of the types of areas traversed showed the Central corridor to be less favourable than the other two. However, one element militates in favour of the Central corridor: the fact that it already contains 230 and 120 kV lines between the Nicolet station and the Brompton Township installation area. The other two options would involve establishing new lines through the area. Hydro-Quebec is considering the possibility of dismantling certain lines within the Central corridor: the possibility has been confirmed for one 230 kV line (within the existing right-of-way of the Central corridor) and for two 120 kV lines in another portion of the Central corridor. As a result of this dismantling, the additional right-of-way required for a new 735 kV line would vary considerably: from 15 to 80 m (80 m is the standard right-of-way for a 735 kV line) the length of this corridor.

The variations in length and width of the additional rights-of-way modify the initial unfavourable judgment on the Central corridor. The right-of-way of the Central corridor would affect half the area of the Western corridor and one-third that of the Eastern corridor. The removal of approximately 500 towers will reduce the farm area taken up by the electrical power corridor. Scenic quality should therefore benefit.

Hydro-Quebec thus favours the Central corridor. The opportunity to group electrical power lines within a single power corridor is the primary factor behind this decision. The justification for this choice is dependent on the proposed dismantling.

As regards the selection of the installation area, the preferred option is Brompton Township, for the following reasons:

- permits connection outside existing and future urban centre, in a wooded area, with little impact on agriculture;
- the possibilities for integration with the 230 kV Nicolet-Sherbrooke network are excellent;
- it is the best option for connection with the future Appalachian station;
- it is the best in terms of the length of the lines to be constructed and, consequently, the most economical solution.

In view of the fact that these comparative analyses conclude that the 735 kV line should be constructed largely in the place of existing lines, the promoter stipulates that the 1:20,000 inventory was not used to reduce the space or to select a route for the line. The inventory served this purpose solely in selecting a site for the station within the Brompton Township installation area. Moreover, the width of the corridors, which were set at 1 to 3 km, "implies that it is impossible, in Hydro-Quebec's view, to locate routes which differ substantially in terms of the areas traversed".[7] The inventory will thus serve to rank the components of the area so that it is better defined when the time comes to determine the impacts and to propose measures for implementation.

Selection of the example of application

In the report on the preliminary studies, an initial assessment of the possible areas to be traversed by the power line is performed by ranking the ecological districts. A second assessment of the same kind is then performed, on a smaller scale, by ranking the environmental units. Thirdly, an assessment of the three proposed corridors is performed. The same approach is used for selection of the installation area. The potential impacts associated with installation of the power line are considered only at the very end of the report, in connection with proposed measures for implementation of the project.

All these stages could be performed by the ELECTRE model. However, since selection of the final route was performed essentially on the basis of a location methodology, involving the inventory of the components of the human and natural areas (defined in terms of environmental resistance and assets) likely to be affected by implementation of a project, we felt that it would be more useful to perform our example

[7] BAPE, Rapport d'enquête et d'audience publique, Poste des Cantons Lignes Nicolet-Des Cantons et Des Cantons-Nouvelle-Angleterre [Survey and public hearing report, Townships station, Nicolet-Townships and Townships-New England lines], 1983, pp. 4-13 [TRANSLATION].

of application on the ranking of the ecological districts. Other factors justify this choice. First, it seemed clear, on reading the report of the Environmental Commission which reviewed this project, that the method used to rank the ecological districts was not understood by the public. In fact, it is often difficult to identify, in the reports on the preliminary studies, the factors used to distinguish major environmental assets from important assets. Yet it is clearly indicated in the reference file (Annex III, page 6) that the indicators permit concrete differentiation between districts with major, important and weak environmental assets.

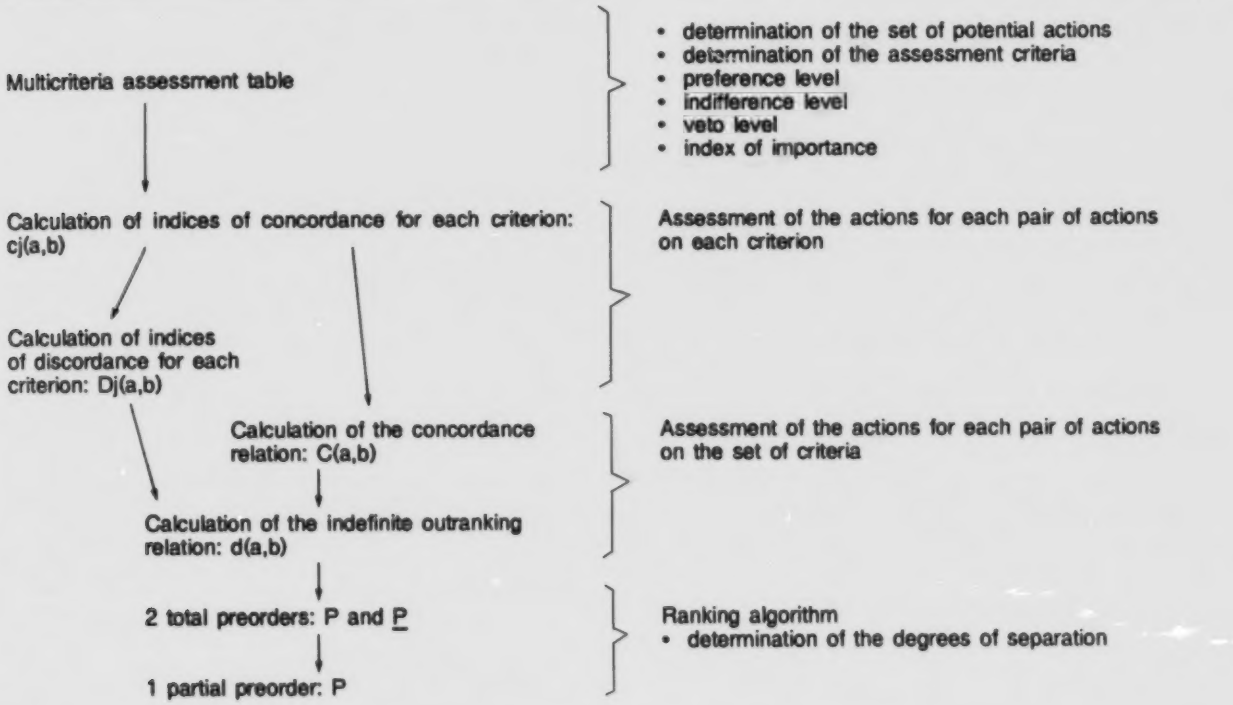
These criticisms, from the public and from the Environmental Commission, thus cast doubt on the true consistency of the system of comparison used by the promoter in ranking the ecological districts. Yet this was an important stage in the development of the impact study, since it served to exclude a number of districts with major assets and thus to define a new spatial framework within which variants of potential power line corridors were developed. Here, then, we have a specific case in which the use of a formal method, in this case the ELECTRE III method, could prove useful. The type of multicriteria problem with which we are concerned is the establishment of a ranking (or, in other words, a hierarchization) of a set of "objects", the objects in this case being the ecological districts. The set selected will be one of the eight ecological regions (we shall explain in the following pages the reason for this simplification).

Thus, working with the same parameters and specifications applied in the impact study, we shall attempt to reproduce the same ranking as that developed by Hydro-Quebec, but this time through the use of the ELECTRE method. We do so in order:

- to test the flexibility with which the method can be adapted; and
- to determine whether all the parameters of the ranking process were in fact defined in the impact study.

4. EXAMPLE OF APPLICATION OF THE ELECTRE III MODEL

The following diagram illustrates the various stages in the ELECTRE III method. For the purposes of this study, a computer program was developed (in FORTRAN) to permit rapid processing of the data. The algorithms for this program follow the stages used by the method, as defined below.



Similarly, formulation of the problem of ranking the ecological districts will follow the stages illustrated by the diagram.

Multicriteria assessment table: Determination of the set of potential actions

In accordance with the preferences expressed by the promoter of the project, each ecological region forms a distinct set. This preference is based primarily on the fact that, in the agricultural context, the size of the percentage of area under cultivation and of class 1, 2 and 3 soils[8] is compared to the mean for the ecological region and not to the study zone as a whole. No other reference of this nature is made in connection with the other assessment criteria.

Since the ecological regions do not all have the same characteristics, the ranking will thus not be based on a comparison of the 74 ecological districts among themselves. Instead, the ranking will be by ecological region, and thus there will be eight potential rankings based on different considerations. For the ELECTRE III method, set A of the potential actions will thus consist of the ecological districts of one of the eight ecological regions. For this study, the example of application of the ELECTRE method will use the data from the Lower Appalachian Plateau ecological region

[8] Soil class established on the basis of the Canada Land Inventory (CLI) and the Québec Land Inventory.

(Table 14 of the impact study)[9]. (See table 1 and map 5 on pages 40, 41 and 42).

Multicriteria assessment table: Determination of the assessment criteria

In its impact study, Hydro-Quebec essentially selected five elements of the natural and human areas on which to base its ranking of the ecological districts:

- the percentage of area under cultivation;
- the percentage of area of category 1, 2 and 3 soils;
- the percentage of wooded area;
- the number of cottages; and
- the scenic value, defined in relation to three levels:
  - recognized scenic value
  - quality scenic value
  - nil.

There are thus four quantitative criteria and one qualitative criterion.

Among these descriptors the promoter included, in the table of raw data, the assessments justifying the assignment of major or important assets to the ecological districts. We shall therefore work from these values to determine the assessments which will have a real influence on the ranking of the ecological districts. If we refer to table 1, which reproduces the table of data from the impact study, we note that:

- for areas under cultivation, only percentages greater than 40 are included;
- for areas of category 1, 2 and 3 soils, only percentages greater than 26 are included;
- only numbers of cottages greater than 162 are included;
- only areas of recognized or quality scenic value are included; and
- no values are included for wooded area.

These considerations will have a number of consequences with respect to the definition of parameters for the ELECTRE III method. First of all, wooded area will have no influence on the ranking of the ecological districts. This descriptor could therefore be eliminated from the set of assessment criteria; however, it will be retained. We shall explain later how we can use the indices of importance to reflect this preference on the part of the promoter. Secondly, as regards the other descriptors, only those assessments which were included will influence the ranking. In the example of application of the ELECTRE III method, the table of data from the impact study will thus be modified to respect these requirements. Thus, all values below those included will be reduced to zero, while all assessments included will be retained at the same levels, with the exception of the assessments of percentage of wooded area, which will be retained at the same levels. If we refer to table 2 on page 43, we observe immediately that the ranking is, in fact, based on a very limited number of assessments, given the fact that the assessments of wooded area will be given no weight in the problem of ranking the ecological districts.

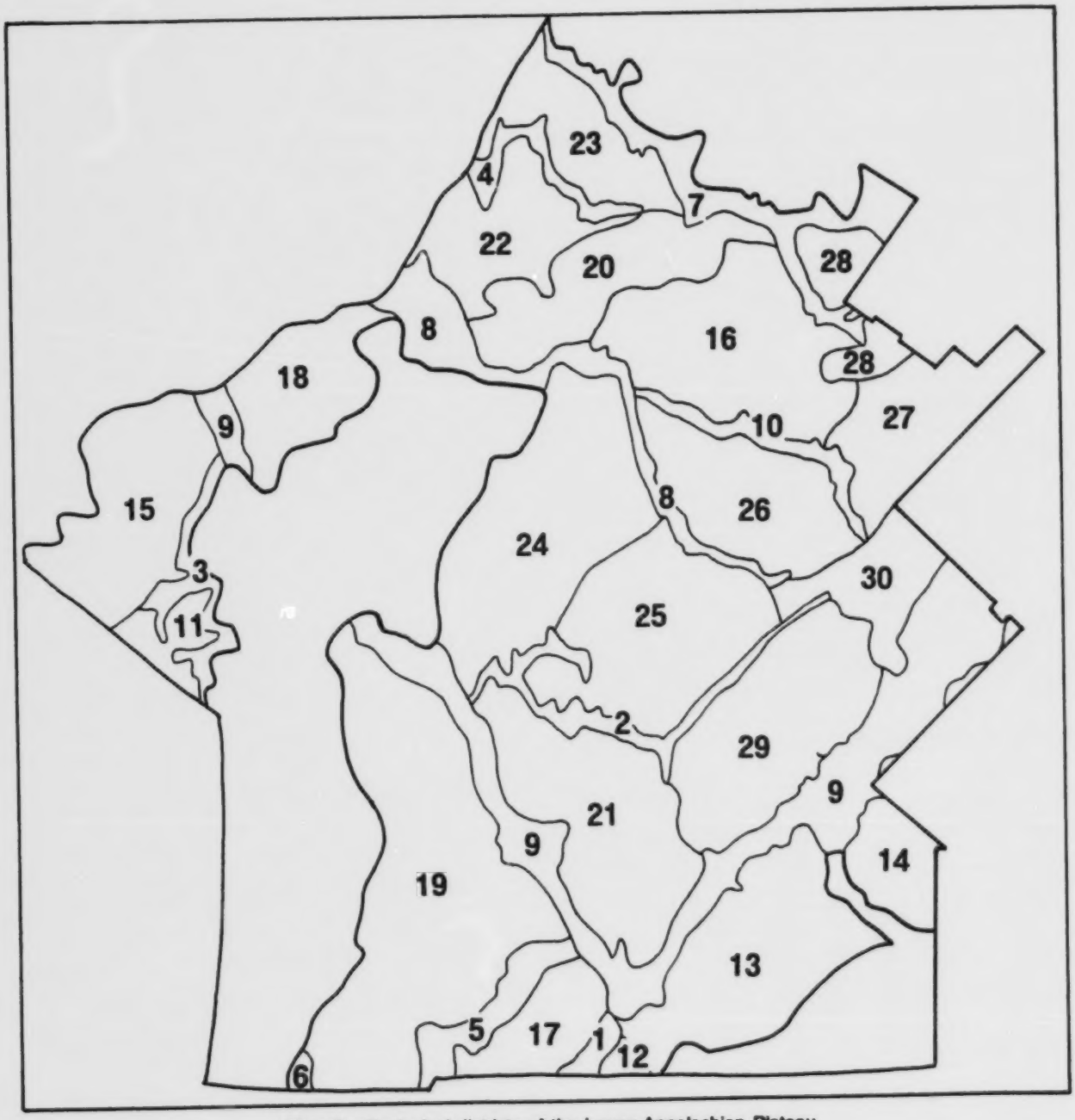
[9] Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, p. 73.

Table 1. Ecological region: Lower Appalachian Plateau

OPTIONS	REGION/ DISTRICTS/ PRINCIPAL MUNICIPALITIES (1)	FACTUAL CRITERIA				QUALITATIVE CRITERIA		
		Agricultural areas		Forest areas	Recreation		Orientation of the ecological district	Environmental assets of the ecological district
		Area under cultivation (%)	Area of 1,2,3 soils (%)	Wooded area (%)	Number of cottages	Recognized, quality scenic value		
	LOWER APPALACHIAN PLATEAU	31	14	53	3504			
1.	MASSAWIPPI VALLEY . Hatley . Ascot	7	26	30	473	Recognized scenic value	Vacation and recreation	Major
2.	STOKE VALLEY . Stoke . Windsor	18	23	72	98	Nil	Forestry	Weak
3.	ULVERTON VALLEY . Durham South	28	3	59	14	Nil	Agro-forestry	Weak
4.	UPPER DES PINS VALLEY . Chénier . Warwick	33	13	53	10	Nil	Agro-forestry	Weak
5.	MAGOG VALLEY . Sherbrooke . Magog	8	3	31	640	Recognized scenic value	Vacation and recreation	Major

6. MEMPHREMAGOG VALLEY NORTH . Orford	23	0	32	84	Recognized scenic value	Vacation and recreation	Important
7. UPPER NICOLET VALLEY . Ham North	42	3	38	167	Quality scenic value	Vacation and recreation	Important
8. UPPER NICOLET VALLEY SW . Asbestos	24	19	68	542	Nil	Vacation and recreation	Important
9. UPPER ST-FRANCOIS VALLEY . Sherbrooke . East Angus	21	13	56	302	Quality scenic value	Vacation and recreation	Important
10. NICOLET VALLEY CENTRE	43	0	45	0	Nil	Agro-forestry	Weak
11. ALTON DURHAM PLATEAU	30	0	56	8	Nil	Agro-forestry	Weak
12. ASCOT-COMPTON PLATEAU	40	51	51	2	Nil	Agro-forestry	Important
13. ASCOT EATON PLATEAU . Ascot	34	16	51	55	Nil	Agro-forestry	Weak
14. BERRY WESTBURY PLATEAU . Bury	23	18	71	33	Nil	Forestry	Weak
15. DURHAM PLATEAU . Durham South . L'Avenir	52	26	32	67	Nil	Agricultural	Important
16. HAM PLATEAU . Saint-Adrien . Wotton	21	2	65	58	Nil		Weak
17. HATLEY-ASCOT PLATEAU . Sherbrooke . Ascot	25	17	55	162	Quality scenic value	Agro-forestry and vacation	Important
18. KINGSEY PLATEAU . Kingsey	59	28	32	27	Nil	Agricultural	Important
19. RICHMOND-SHERBROOKE PLATEAU . Sherbrooke . Magog	26	17	51	354	Quality scenic value	Vacation	Important
20. SAINT-REMI DE TINGWICK PLATEAU . Saint-Rémi de Tingwick	30	6	48	23	Nil	Agro-forestry	Weak
21. STOKE-ASCOT PLATEAU . Sherbrooke . Stoke . Bromont	31	14	54	30	Nil	Agro-forestry	Weak
22. TINGWICK PLATEAU . Chénier	58	18	37	24	Nil	Agricultural	Important
23. TINGWICK/ARTHABASKA PLATEAU . Chénier . Warwick	60	3	30	20	Nil	Agricultural	Important
24. WINDSOR PLATEAU . Asbestos . Windsor	50	26	41	230	Nil	Agricultural	Important
25. WINDSOR/STOKE PLATEAU . Stoke . Windsor	19	25	80	50	Nil	Forestry	Weak
26. WOTTON-SAINT-CAMILLE PLATEAU . Wottonville . Saint-Camille	56	17	36	2	Nil	Agricultural	Important
27. WEEDON GARTHBY PLATEAU . Saint-Joseph de Garthby	10	0	82	0	Nil	Forestry	Weak
28. WOLFESTOWN GARTHBY PLATEAU . Ham North	6	0	84	-	Nil	Forestry	Weak
29. STOKE MOUNTAINS . Ascot Corner . Stoke	8	3	90	25	Recognized scenic value	Recreation	Major
30. STOKE MOUNTAINS, WEEDON DUDSWELL SECTION . Malbestos . Dudswell	22	3	69	-	Nil	Forestry	Weak

Provided to assist the reader in locating the ecological district.
Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, p. 73.



Map 5: Ecological districts of the Lower Appalachian Plateau

Source: Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet: Dossier cartographique [Report on preliminary studies: Cartographic file], April 1983.

Table 2. Matrices of modified data

ECOLOGICAL DISTRICTS / Options (number)	ASSESSMENT CRITERIA: Area under cultivation (%)	Area of 1, 2, 3 soils (%)	Wooded area (%)	Number of cottages	Scenic value
1.	.0	26.0	30.0	473.0	4.0
2.	.0	.0	72.0	.0	.0
3.	.0	.0	59.0	.0	.0
4.	.0	.0	53.0	.0	.0
5.	.0	.0	31.0	640.0	4.0
6.	.0	.0	32.0	.0	4.0
7.	42.0	.0	38.0	167.0	2.0
8.	.0	.0	66.0	542.0	.0
9.	.0	.0	56.0	302.0	2.0
10.	43.0	.0	45.0	.0	.0
11.	.0	.0	56.0	.0	.0
12.	40.0	51.0	51.0	.0	.0
13.	.0	.0	51.0	.0	.0
14.	.0	.0	71.0	.0	.0
15.	52.0	26.0	32.0	.0	.0
16.	.0	.0	65.0	.0	.0
17.	.0	.0	55.0	162.0	2.0
18.	59.0	28.0	32.0	.0	.0
19.	.0	.0	51.0	354.0	2.0
20.	.0	.0	48.0	.0	.0
21.	.0	.0	54.0	.0	.0
22.	58.0	.0	37.0	.0	.0
23.	60.0	.0	30.0	.0	.0
24.	50.0	28.0	41.0	230.0	.0
25.	.0	.0	80.0	.0	.0
26.	56.0	.0	36.0	.0	.0
27.	.0	.0	82.0	.0	.0
28.	.0	.0	84.0	.0	.0
29.	.0	.0	90.0	.0	4.0
30.	.0	.0	69.0	.0	.0

Multicriteria assessment table: Determination of the indices of importance

The indices of importance will reflect the weighting on the assessment criteria expressed in the impact study. This weighting distinguishes three types of assets:

- "major assets corresponding to spaces protected by law or to spaces highly valued by the local or regional population;
- important assets corresponding:
- agriculturally, to spaces in which the area under cultivation or in which the percentage of class 1, 2 and 3 land clearly exceeds the mean for the ecological region;
- to spaces highly valued by the population for vacation and recreational uses (confirmed by the number of cottages); and
- to spaces the scenic value of which is considered to be of good quality.
- weak assets are spaces not meeting any of the criteria for major or important assets."[10]

In fact, in this example of application of the ELECTRE III method, the indices of importance will play a major role in ranking the ecological districts: since the formulation of the problem of ranking reflects the concerns of Hydro-Quebec, these scales of value must therefore be included in the algorithms of the ELECTRE III method.

In short, only the "scenic value" criterion will be considered in identifying major assets; major assets will thus correspond to ecological districts of recognized scenic value. For important assets, four criteria may be taken into account:

- area under cultivation;
- area of class 1, 2 and 3 soils:
- number of cottages; and
- areas of quality scenic value.

These four criteria are considered equivalent in importance. Wooded area is not taken into consideration. The ranking will thus be based on the four remaining criteria. Since the total of the indices of importance must equal 1, the distribution of the weights on the criteria will be as follows:

Criteria	Indices of importance		
Scenic value recognized scenic value = 4 quality scenic value = 2 nil = 0	If a or b = 4 weight = 0.57	If a and b < 4 and a or b = 2 weight = 0.14	If a and b = 0 weight = 0.0
Area under cultivation	If a or b > 0 weight = 0.14	If a and b = 0 weight = 0.0	
Area of class 1,2,3 soils	" = 0.14	" = 0.0	
Number of cottages	" = 0.14	" = 0.0	
Wooded area	always equal to 0.01		

In short, the wooded area criterion will always have a weight equal to 0.01. The scenic value criterion will have three indices of importance, depending on the values of the two ecological districts being compared on this criterion, etc. The general principle of the indices of importance is thus as follows: a weight equal to or greater than 0.57 will correspond to a major asset[11] and a weight less than 0.57 and greater than or equal to 0.14 will correspond to an important asset. Weights less than 0.14 are considered weak assets.

[10] Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet [Report on preliminary studies], April 1983, pp. 61-62.

[11] In fact, even if an ecological district has 4 criteria corresponding to important assets, it will have a weight equal to 0.56. However, if the weight of the wooded area criterion is added, the district will then have a weight equal to 0.57, corresponding to a major asset. Thus, even with a weight of 0.01, the wooded area criterion can play a major role. This possibility was intentionally included by the modeler to demonstrate the possibilities of the indices of importance in the ranking problem. However, this case does not occur in this example of application of the ELECTRE III method to the ecological region of the Lower Appalachian Plateau.

Multicriteria assessment table: Determination of the levels on each of the criteria

There is no reference in the impact study to anything resembling the concepts of strict preference, indifference or veto as visualized by the ELECTRE method. However, in view of the considerations already formulated, it is fairly safe to conclude that, on each of the criteria, all of the assessments which have been included will be strictly preferred to those which are not. We should point out here that the modification of the data explained above will enable us to establish a strict preference between those assessments which have been included and those which have not. Similarly, very high values have been given to the veto levels, to ensure that they have no influence on the calculations of the degrees of credibility assigned to the outrankings. Thus, for the first three criteria, that is, the percentages of area under cultivation, area of 1, 2 and 3 soils and wooded area:

- the veto levels equal 10,000;
- the strict preference levels equal 10.0; and
- the indifference levels equal 5.0.

For the number of cottages:

- the veto level equals 30,000;
- the strict preference level equals 100.0; and
- the indifference level equals 50.0.

For areas of scenic value:

- the veto level equals 100.0;
- the strict preference level equals 2.0; and
- the indifference level equals 1.0.

In this way, the preferences expressed in the impact study will be respected but, in addition, the various strict preference and indifference levels will permit more detailed ranking of districts belonging to the same class in terms of environmental assets. It will be recalled that the formulation of the multicriteria assessment table is designed to reproduce, as far as possible, the preferences expressed in the impact study in order to test the parameters of application of the ELECTRE III model.

Calculation of the indices of concordance: cj(a,b)

If we examine the case of pair "a to b", the index of concordance on criterion j will equal:

$$cj\,(a,b) = \frac{pj\,(a) - \text{Min}\,[bj - aj,\ pj\,(a)]^{12}}{pj\,(a) - \text{Min}\,[bj - aj,\ qj\,(a)]}$$

In order to calculate the concordance of pair "b to a", we replace the values of option a with those of b and vice versa. Consider, for example, the case of the "upper Nicolet valley" ecological district (option 7) to the "upper Nicolet valley SW" ecological district (option 8). The assessments of these two ecological districts on the 5 criteria are reproduced here:

Criteria	1	2	3	4	5
Options					
7	42.0	.0	38.0	167.0	2.0
8	.0	.0	66.0	542.0	.0

The concordance of 7 to 8 on the first criterion will equal:

$$c_1(7,8) = \frac{10 - \text{Min}\,(0\text{-}42,\ 10)}{10 - \text{Min}\,(0\text{-}42,\ 5)} = \frac{10 - (-42)}{10 - (-42)} = 1.0$$

The concordance of 7 to 8 on the other criteria will equal:

$$c_2(7,8) = \frac{10 - \text{Min}\,(0\text{-}0,\ 10)}{10 - \text{Min}\,(0\text{-}0,\ 10)} = \frac{10 - 0}{10 - 0} = 1.0$$

$$c_3(7,8) = \frac{10 - \text{Min}\,(66\text{-}38,\ 10)}{10 - \text{Min}\,(66\text{-}38,\ 10)} = \frac{10 - 10}{10 - 5} = 0.0$$

$$c_4(7,8) = \frac{100 - \text{Min}\,(542\text{-}167,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(542\text{-}167,\ 50)} = \frac{100 - 100}{100 - 50} = 0.0$$

$$c_5(7,8) = \frac{2 - \text{Min}\,(0\text{-}2,\ 2)}{2 - \text{Min}\,(0\text{-}2,\ 1)} = \frac{2 - (-2)}{2 - (-2)} = 1.0$$

For the concordance of 8 to 7, we take the same data and perform the same calculations, but inversely. Thus:

$$c_1(8,7) = \frac{10 - \text{Min}\,(42\text{-}0,\ 10)}{10 - \text{Min}\,(42\text{-}0,\ 5)} = \frac{10 - 10}{10 - 5} = 0.0$$

$$c_2(8,7) = \frac{10 - \text{Min}\,(0\text{-}0,\ 10)}{10 - \text{Min}\,(0\text{-}0,\ 5)} = \frac{10 - 0}{10 - 0} = 1.0$$

$$c_3(8,7) = \frac{10 - \text{Min}\,(38\text{-}66,\ 10)}{10 - \text{Min}\,(38\text{-}66,\ 10)} = \frac{10 - (-28)}{10 - (-28)} = 1.0$$

---

[12] aj equals the assessment of option a on criterion j
pj (a) is the strict preference level associated with option a on criterion j
qj (a) is the indifference level associated with option a on criterion j
The same observations apply to b.

$$c_4(8,7) = \frac{100 - \text{Min}\,(167-542,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(167-541,\ 50)} = \frac{100 - (-375)}{100 - (-375)} = 0.0$$

$$c_5(8,7) = \frac{2 - \text{Min}\,(2\text{-}0,\ 2)}{2 - \text{Min}\,(2\text{-}0,\ 1)} = \frac{2 - 2}{2 - 1} = 0.0$$

In short:

$c_1(7,8) = 1.0$	and	$c_1(8,7) = 0.0$
$c_2(7,8) = 1.0$	and	$c_2(8,7) = 1.0$
$c_3(7,8) = 0.0$	and	$c_3(8,7) = 1.0$
$c_4(7,8) = 0.0$	and	$c_4(8,7) = 1.0$
$c_5(7,8) = 1.0$	and	$c_5(8,7) = 0.0$

When cj(7-8) = 1.0 and cj(8,7) = 0.0, we have a situation of strict preference of option 7 to option 8. When cj(7-8) and cj(8,7) = 1.0, we have a situation of indifference on the criterion. There is one other possibility which has not been noted: that of weak preference. To illustrate this situation, let us consider the case of option 1 to option 8 on criterion 4 (number of cottages):

$$c_4(1,8) = \frac{100 - \text{Min}\,(542-473,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(542-473,\ 50)} = \frac{100 - 69}{100 - 50} = 0.62$$

$$c_4(8,1) = \frac{100 - \text{Min}\,(473-542,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(473-542,\ 50)} = \frac{100 - (-69)}{100 - (-69)} = 1.0$$

Since $c_4(1,8) = 0.62$ and $c_4(8,1) = 1.0$, option 8 is thus strictly preferred to option 1, while option 1 is weakly preferred to option 8 on criterion 4.

Calculation of the indices of discordance for each criterion

The assessment of an option **a** on a criterion j will be in discordance with the hypothesis "**a** outranks **b**" if the concordance of **a** to **b** on this same criterion equals 0, that is, if cj(a,b) = 0.0. The discordance will increase in proportion to the difference between the assessments of **a** and **b** on the criterion in question, up to a value **V** (the veto level), beyond which it will seem prudent to assign no credibility to the outranking of **b** by **a**.

In practice, index cj(a,b) will equal 0 as soon as the difference obtained by subtracting the assessment of **a** from the assessment of **b** on criterion j is greater than or equal to the strict preference level of option **a** on criterion j. Thus, as soon as one of the indices cj(a,b) equals 0, we will attempt to calculate the extent of the discordance. If the difference between the two assessments is greater than or equal to the veto level, then discordance Dj(a,b) = 1. If this same difference is equal to the strict preference level of **a**: Dj(a,b) = 0. Between these two values, Bernard Roy suggests that the index be calculated by means of a linear interpolation formula[13]:

$$Dj(a,b) = \text{Min}\left[1,\ \text{Max}\ \frac{0,\ bj - (aj - pj\,(a))}{vj\,(a) - pj\,(a)}\right]^{14}$$

In this way, we can assess the relative importance of the discordance.

The computerized program was developed on the basis of this algorithm and will automatically calculate the index of discordance whenever a cj(a,b) value equals zero. As mentioned earlier, very high assessment values have been defined as veto levels in order to respect the problem of ranking the ecological districts. Thus, since $c_3(7,8)$ equals zero, the program will calculate the magnitude of the discordance:

$$D_3(7,8) = \text{Min}\left[1,\ \text{Max}\ \frac{0,\ 66 - (38 - 10)}{10{,}000 - 10}\right]$$

$$D_3(7,8) = 0.0038$$

Thus, the discordance is so weak that it is, for all practical purposes, nil. Consequently, it will have no real influence on the calculation of the outranking relation.[15]

Calculation of the concordance relation: C(a,b)

Working with the cj(a,b) values of a pair of options on all the criteria, we calculate the concordance relation by summing the cj(a,b) values multiplied by the index of importance of the corresponding criterion:

$$C(a,b) = \sum_{j\,F} pdj \times cj(a,b)^{16}$$

Thus, for the two pairs of options (7,8) and (8,7), the concordance will equal:

C(7,8) = (.14x1.0) + (0x1.0) + (0.1x0) + (.14x0) + (1.4x1) = 0.28

C(8,7) = (.14x0) + (0x1.0) + (0.1x1) + (.14x1) + (.14x0) = 0.15

Pair of options (7,8) thus has stronger concordance on all the criteria than pair (8,7), as a result of the indices of importance.

---

[13] Some other method of calculation could be used here without affecting the basic principles of ELECTRE III.

[14] Vj (a) is the veto level associated with option a on criterion j.

[15] This example is applicable to all other cases involving this model.

[16] pdj : the weight (or index of importance) associated with criterion j.
F : the set F of assessment criteria.

Calculation of the indefinite outranking relation: d(a,b)[17]

According to the algorithms of the ELECTRE III method, if c(a,b) = 1, this necessarily implies that all the cj(a,b) values equal 1 and that all the Dj(a,b) values equal 0. Under these conditions, it is reasonable to assume that the degree of credibility $d(a,b)_2$ equals the concordance C(a,b).

If cases exist in which cj(a,b) = 0 and Dj(a,b) =/ 0, then the weight of a criterion of this nature no longer contributes to the sum of C(a,b). In addition, the discordant criterion may affect the index of concordance. If the discordance is weak compared to the concordance, the latter continues to provide an accurate reflection of the credibility of the outranking. We will thus assume that d(a,b) = C(a,b).

However, the ELECTRE III method considers cases in which certain criteria reflect significant discordance in comparison to the concordance: for example, those in which one of the Dj(a,b) values is greater than C(a,b).

Let us assume, first of all, that only one of the criteria is in significant discordance with the outranking. If the Dj(a,b) value on this criterion is equal to 1, the discordance on the criterion is so strong that it cancels out the outranking relation on all the other criteria: thus d(a,b) = 0. If Dj(a,b) is less than 1 and greater than the concordance C(a,b), then

$$d(a,b) = C(a,b) \times \left(\frac{1 - Dj(a,b)}{1 - C(a,b)}\right)^{18}$$

When there are a number of criteria on which Dj(a,b) is less than 1 and greater than C(a,b), then the degree of credibility is calculated as follows:

$$d(a,b) = c(a,b) \times \left[\frac{1 - Dj(a,b)}{1 - C(a,b)}\right]^{19}$$

$$\overline{D(a,b)}$$

In this example of application of the ELECTRE III model, the degree of credibility assigned to the outranking relation will correspond to the concordance relation since there is no discordance strong enough to affect the calculations of outranking credibility. Table 3 gives the results of the degrees of credibility on all the options. The pairs of options (7,8) and (8,7) already calculated have been included to familiarize the reader with the manner in which this matrix is to be read.

---

[17] Indefinite outranking relation and degree of credibility may be considered synonyms.

[18] Assuming once again a linear decrease.

[19] D(a,b): the set of Dj(a,b) values in significant discordance for pair (a,b).

OPTIONS to	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OPTIONS 1		.01	.01	.01	.72	.58	.15	.15	.01	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.01	.15	.15	.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
2	.85		.00	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
3	.85	.01		.01	.71	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.28	.00	.01	.28	.01	.29	.28	.28	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
4	.85	.01	.01		.71	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
5	.72	.01	.01	.01		.58	.15	.02	.01	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.01	.15	.15	.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
6	.86	.01	.01	.01	.72		.29	.15	.15	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.15	.29	.15	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
7	.42	.01	.01	.01	.29	.15		.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.14	.43	.01	.15	.01	.01	.15	.01
8	.80	.01	.01	.00	.71	.57	.28		.14	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
9	.42	.01	.01	.01	.28	.14	.28	.15		.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.36	.01	.14	.01	.01	.15	.01
10	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.43	.15	.29		.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
11	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.14		.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
12	.71	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.15	.01		.01	.01	.14	.01	.29	.14	.29	.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
13	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29		.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
14	.85	.01	.00	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00		.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
15	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.04	.01	.15	.01	.01		.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
16	.85	.01	.01	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28		.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
17	.42	.01	.01	.01	.28	.14	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01		.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.15	.01
18	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.23	.01	.29		.29	.01	.01	.15	.15	.32	.01	.15	.01	.01	.58	.01
19	.42	.01	.01	.01	.28	.14	.28	.15	.28	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28		.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.15	.01
20	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29		.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
21	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01		.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
22	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.26	.01	.29	.29	.29	.01	.01		.15	.35	.01	.15	.01	.01	.58	.01
23	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.21	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15		.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
24	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.31	.15	.29	.09	.01	.15	.01	.01	.28	.01	.24	.28	.29	.01	.01	.15	.14		.01	.15	.01	.01	.58	.01
25	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42		.14	.01	.01	.58	.00
26	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.40	.01		.01	.01	.58	.01
27	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14		.01	.58	.00
28	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01		.58	.00
29	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.28	.14	.14	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.42	.00	.14	.00	.01		.00
30	.85	.01	.00	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	

Table 3. Matrix of degrees of credibility

The classification algorithms

The next step, to borrow Bernard Roy's terminology, is to make use of the information contained in the assessments available on the options, in such a way as to distribute and arrange in equivalence classes all or some of the elements of set **A** of the potential actions: the objective being to develop a ranking expressing in some detail the relative positions of these classes. When a ranking of this kind is intended to assist a given person or group of persons, it must reflect the superiority, importance and priorities which the decision-maker or -makers would normally attach to the various potential actions, given their own value systems. It is in this context that the modeling of the ecological districts has been developed.

The ranking will thus attempt to assign a classification rank to each of the options of set **A** of the potential actions. Two options will have the same rank if the data do not permit distinctions to be made between them. Equivalence classes will thus be formed on the basis of the rankings of the options.

There is, however, one danger. By limiting the objective to the development of a complete ranking on set **A** of the potential actions, we risk producing such a ranking even if the data fail to justify it. In fact, a set of data may often be incomplete or conflicting. In order to identify these non-weightings which may be subtly concealed in a data matrix, the ELECTRE III model (like ELECTRE II) operates in two stages to establish a ranking on the basis of the outrankings and to permit demonstration or, where applicable, refutation of the existence of a ranking on a set of options. These two stages can be summarized as:

- construction of two complete preorders in accordance with the outranking relation, but based on opposite considerations; and
- comparison of the two preorders obtained and development of a final ranking.

The final ranking is developed from the intersection of the two complete preorders. The common points between the two preorders will thus be considered a reliable ranking, based on the data available. In extreme cases, the two complete preorders may be identical.

Principles of the classification algorithm

Let "**a**" represent an ecological district, p(a) the strength of **a** in the set of ecological districts, that is, the number of districts in which **a** is strictly preferred, and f(a) the weakness of **a** in the set of ecological districts, that is, the number of districts which are strictly preferred to it. The quantity:

$$q(a) = p(a) - f(a)$$

is an indicator the value of which is characteristic of the position of "**a**" in a preorder. This value, which we shall term the qualification of **a**, is constant for all the elements of a given class.

ELECTRE III is based on a generalization of this concept of qualification. The qualification of the options is based on the outranking relations. In order to determine, on the basis of a given model of preference, the number of options strictly preferred to **a**, the classification algorithm uses a level λ such that only those outrankings for which the degree of credibility is greater than this level are used in the calculation. The level λ may be a constant. However, it may also be defined not a priori (once and for all), but in relation to successive thresholds determined by the stage reached in the procedure. This threshold is known as the separation level.

Thus, the strength of **a** is the number of elements which, within the set of ecological districts, are outranked by **a** significantly more strongly than they outrank **a**, with a credibility strictly superior to $S(\lambda)$.[29] The weakness of **a** is the number of elements which, within the set of ecological districts, outrank **a** significantly more strongly than they are outranked by **a**, with a credibility strictly superior to $S(\lambda)$. Hence:

- the greater the strength of an element, the closer it must come to the top of the classification, and
- the greater the weakness of an element, the closer it must come to the bottom of the classification.

The classification algorithm, as defined above, proceeds in this manner, by progressively reducing a separation level which defines the thresholds. The determination of the separation level is dependent on the values of the degrees of credibility.

The interactive process which consists of attempting to identify an increasingly reduced subset of actions having a maximum qualification for ever lower thresholds will be described as the downward distillation (or $\overline{P}$). Similarly, it is equally reasonable to proceed by attempting to identify the last class of actions not yet classified on the basis of the actions assigned the minimum qualification. This approach leads to the definition of an upward distillation and the linking of these upward distillations to form the second preorder $\underline{P}$.

The partial preorder established by the intersection of the two complete preorders $\overline{P}$ and $\underline{P}$ will produce a ranking which can be considered well founded on the basis of the data available.

In the example of application, there will be, for the upward distillation, four possible levels of separation, depending on the degrees of credibility, that is:

---

[29] $S(\lambda)$ is the discrimination level. This level may be a constant or a function. It is used to establish, on the basis of the two outrankings being compared, the degree of significance required in order for one option to be considered better than another. In this example of application, $S(\lambda)$ has been established on the basis of the problem of the indices of importance, which plays a predominant role in the ranking of the ecological districts.

- 0.57, which will classify the districts with major assets; and
- 0.42, 0.24 and 0.14, which will establish a ranking among the ecological districts with important assets.

On completion of the downward distillation, those ecological districts not classified will be the ecological districts with weak assets.

For the upward distillation, there will be only one level of separation, 0.14.

Similarly, the level of discrimination will be constant at 0.1 for both distillations. In order for a to be considered bett than b, a will thus have to outrank b more strongly than outranks a with a degree of credibility strictly greater th 0.13 (the weight of an important asset).

Determination of the levels of separation and of the level discrimination is based on the considerations defined earl on the indices of importance of the criteria.

Let us look in detail at how the ranking of the downwa distillation produced by the ranking algorithm thus defined performed.

LEVEL OF SEPARATION ASSOCIATED WITH THE 1ST DISTILLATE = .57
QUALIFICATION OF OPTIONS

-24
-4
-4
-4
24
20
0
-4
0
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
0
-4
0
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
20
-4

OPTION 1 BELONGS TO RANK 1 OF THE DOWNWARD DISTILLATION
OPTION 5 BELONGS TO RANK 1 OF THE DOWNWARD DISTILLATION

As the table of the residual matrix of the degrees of credibility (Table 4) shows, the degrees of credibility of options 1 and 5 are set at zero, so that they no longer affect the qualification of the options. Ranking of the ecolog districts will continue in this way until all the options h been classified.

OPTIONS to	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OPTIONS 1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
3	.00	.01		.01	.00	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.28	.00	.01	.28	.01	.29	.28	.28	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
4	.00	.01	.01		.00	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.01	.01	.01	.00		.29	.15	.15	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.15	.29	.15	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
7	.00	.01	.01	.01	.00	.15		.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.14	.43	.01	.15	.01	.01	.15	.01
8	.00	.01	.01	.00	.00	.57	.28		.14	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
9	.00	.01	.01	.01	.00	.14	.28	.15		.14	.00	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.36	.01	.14	.01	.01	.15	.01
10	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.43	.15	.29		.00	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
11	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.14		.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
12	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.15	.01		.01	.01	.14	.01	.29	.14	.29	.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
13	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29		.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
14	.00	.01	.00	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00		.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
15	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.04	.01	.15	.01	.01		.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
16	.00	.01	.01	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28		.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
17	.00	.01	.01	.01	.00	.14	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01		.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
18	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.23	.01	.29		.29	.01	.01	.15	.15	.32	.01	.15	.01	.01	.58	.01
19	.00	.01	.01	.01	.00	.14	.28	.15	.28	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28		.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.15	.01
20	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29		.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
21	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01		.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
22	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.26	.01	.29	.29	.29	.01	.01		.15	.35	.01	.15	.01	.01	.58	.01
23	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.21	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15		.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
24	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.31	.15	.29	.09	.01	.15	.01	.01	.28	.01	.24	.28	.29	.01	.01	.15	.14		.01	.15	.01	.01	.58	.01
25	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42		.14	.01	.01	.58	.00
26	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.40	.01		.01	.01	.58	.01
27	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14		.01	.58	.00
28	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01		.58	.00
29	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.28	.14	.14	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.42	.00	.14	.00	.01		.00
30	.00	.01	.00	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.00	.01	.14	.01	.01	.00	

Table 4. Residual matrix: degrees of credibility

Distillate (number)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Level of Separation	0.57	0.57	0.42	0.28	0.28	0.28	0.28	0.14	0.14	
Option	Degree of Qualification of Options									Pre-Orde
1	24									1
2	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
3	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
4	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
5	24									1
6	20	22								2
7	0	0	16							3
8	-4	-2	0	-3	-2	-2	-1	13	13	9
9	0	0	0	18						4
10	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-10	13	9
11	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
12	-4	-2	-1	15	15	15	15			7
13	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
14	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
15	-4	-2	-1	16	16	16				6
16	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
17	0	0	-2	15	17					5
18	-4	-2	0	18						4
19	0	0	0	18						4
20	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
21	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
22	-4	-2	0	-4	-1	0	0	14		8
23	-4	-2	0	-4	-1	0	0	14		8
24	-4	-2	16							3
25	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
26	-4	-2	0	-5	-2	-1	0	14		8
27	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
28	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
29	20	22								2
30	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	

Table 5. Descending Distillation

OPTIONS to	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OPTIONS 1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
3	.00	.01		.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
4	.00	.01	.01		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
11	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
13	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00		.01	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
14	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
16	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
17	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
18	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
19	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
20	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00		.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
21	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.01		.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
22	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
23	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
24	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00
25	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.01	.01	.00	.00
26	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00
27	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00		.01	.00	.00
28	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01		.00	.00
29	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
30	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	

Table 6. Residual matrix: degrees of credibility

END OF THE DOWNWARD DISTILLATION

On completion of the downward distillation, all the unclassified ecological districts are districts with weak environmental assets. The program then performs the upward distillation. The results of the two distillations and the final ranking (intersection of the two distillations) are presented in Tables 7 and 8.

Downward distillation		Upward distillation	
Options	Rank	Options	Rank
1, 5	1	1, 5	1
6, 29	2	7, 9, 19	2
7, 24	3	6, 29	3
9, 18, 19	4	18, 24	4
17	5	15	5
15	6	12, 17	6
12	7	8	7
22, 23, 26	8	22, 23	8
8, 10	9	26	9
		10	10
2, 3, 4, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	10	2, 3, 4, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	11

Table 7. Ranking of the ecological districts: ELECTRE III

The ranking of the ecological districts performed by ELECTRE III is relatively similar to the classification by Hydro-Quebec. There are, however, certain difference, as the following table shows:

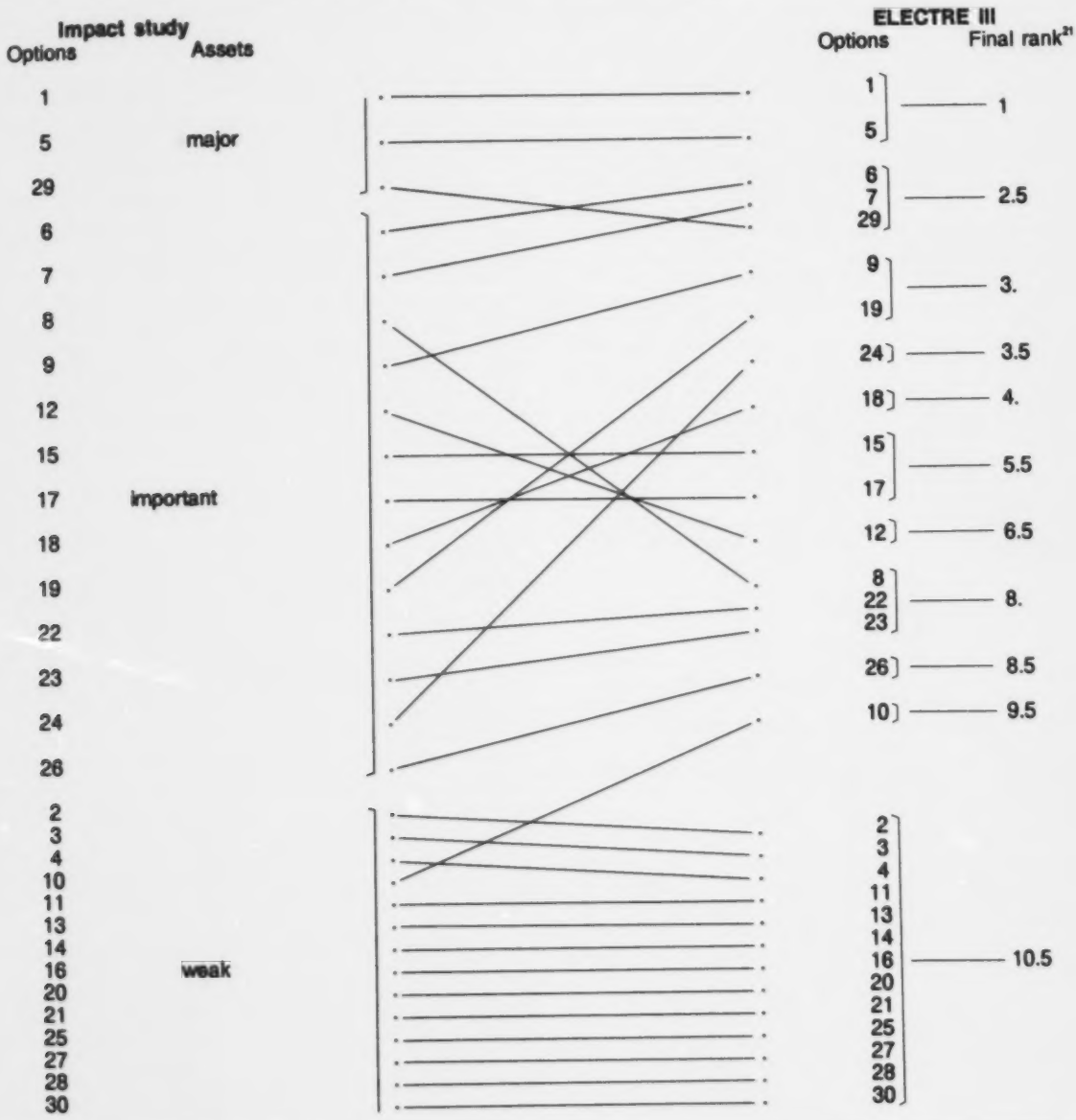


Table 8. Final rankings of the ecological districts

[21] The final ranks are calculated from the intersection of the two distillations.

The ELECTRE III ranking is much more detailed than that of the impact study: there are 11 equivalence classes compared to 3. This is essentially because the ELECTRE III model makes certain distinctions between options involving major environmental assets and those involving important assets. For example, according to the impact study, options 24 and 26 are considered equivalent, whereas ELECTRE III rates option 24 as "better" than option 26. ELECTRE III thus offers more detailed classification of the ecological districts.

The first equivalence class of the ELECTRE III ranking represents ecological districts with major assets. The last equivalence class (rank 10.5) represents ecological districts with weak environmental assets. The ranking of these two extreme classes is reliable. Any apparent differences involve the intermediate classes with important environmental assets. The cases showing the largest differences are districts 6, 7 and 29, which belong to the same equivalence class according to ELECTRE III, but represent different types of assets according to the impact study. There is also district 10, which is not classified as a weak-asset district by ELECTRE III, as it is by the impact study. These apparent contradictions are probably related to the fact that some of the parameters on which the ranking of the ecological districts was based were not clearly identified in the impact study. As noted earlier, it is sometimes difficult to identify the factors used to distinguish major environmental assets from important assets. In fact, the considerations used to rank the ecological districts and translated into the program for the ELECTRE III model are certainly correct, but certain details are probably lacking or not clearly expressed in the impact study.

The following analysis will thus be purely speculative and is designed simply to produce the same ranking as the impact study. Since the ranking performed by ELECTRE III is based solely on the data given in the multicriteria assessment table, we shall therefore use this table in an effort to expand upon the preferences expressed by the promoter of this project.

As stated earlier, the percentage of wooded area appears to play no role. Yet the promoter chose to keep these assessments in the multicriteria assessment table: why? Similarly, we have considered all the ecological districts of recognized scenic value as representing major assets. Yet option 6 is of recognized scenic value but is not considered a major asset in the impact study, while option 29 too is of recognized scenic value and is considered a major asset (these two options have only this one assessment circled). What, then, distinguishes them?

The question arises at this point as to what parameters define or confirm the presence of recognized scenic value. We shall look more specifically at the second aspect of the question, that is, at what confirms recognized scenic value. Still working from the data in the multicriteria assessment table, we shall assume that recognized scenic value will be considered a major asset if this assessment is supported by another criterion. The wooded area of an ecological district could then be used as a supplementary index to the recognized scenic value criterion, either confirming or rejecting the area's potential for vacation or recreational use.

Similarly, the number of cottages could also serve as an index confirming the existence of recognized scenic value. Thus, an ecological district will be considered a major environmental asset if, first, it is characterized by recognized scenic value with, secondly:

- either a large number of cottages;
- or a high percentage of wooded area; or
- both.

These two assessment criteria confirm the potential of the recognized scenic value, while an ecological district with only recognized scenic value will be considered an important asset (for example, option 6).

The distinction between the two rankings on option 10 demonstrates the same type of reasoning, but, in this case, from the agricultural standpoint. Under the ELECTRE III model, option 10 was considered an important asset, while the impact study classifies it as a weak asset. This contradiction arises essentially from the fact that, for the "area under cultivation" criterion, all assessments greater than 40% have been considered important assets by ELECTRE III. However, in the impact study, the assessment of 43% on option 10 was not included: why? The same applies to the assessment of 42% on option 7. It could thus be assumed that the same reasoning as for recognized scenic value applies here and that an ecological district becomes an important asset from the agricultural standpoint if the assessment of the area under cultivation is very high in relation to the mean for the region, but that in cases where the area under cultivation is only slightly higher than the mean for the ecological region (31%), this agricultural "potential" must be "confirmed" by a relatively high percentage of 1, 2 and 3 soils. This would explain why, in the assessment table from the impact table, the percentages of area under cultivation were not included for option 7 and option 10, while the assessment of option 23 (60%) was included, despite the fact that the area of 1, 2 and 3 soils is very low (3%). The promoter thus appears to have used certain thresholds to determine whether or not to include the assessments for certain ecological districts. However, there is no reference to this practice, which nonetheless now appears evident, in the impact study.

Let us now look very briefly at how these purely speculative observations can be incorporated in the ELECTRE III model.

The considerations expressed on the "recognized scenic value" criterion and on the "area under cultivation" criterion are similar to the concept of a veto level but, in this case, not on the basis of two options on the same criterion (as with ELECTRE III), but rather on the basis of an assessment of one criterion in relation to the assessment of another criterion on the same option (two criteria in relation to one option). This pseudo veto level can thus reduce or confirm the assessment on a criterion on the basis of the other criteria for assessment of the same option. We must thus include these conditions in the modeling process. These conditions will be expressed in the program in the form of logical expressions permitting modification of the assessments in the matrix of raw data.

Downward distillation		Upward distillation	
Options	Rank	Options	Rank
1, 5	1	1, 5	1
29	2	9, 19, 29	2
24	3	18, 24	3
9, 19	4	12, 15	4
18	5	7, 17	5
7, 17	6		
15	7	8	6
12	8	22, 23	7
6, 8, 22, 23, 26	9	26	8
		6	9
2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	10	2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	10

Table 9. Ranking of the ecological districts: ELECTRE III

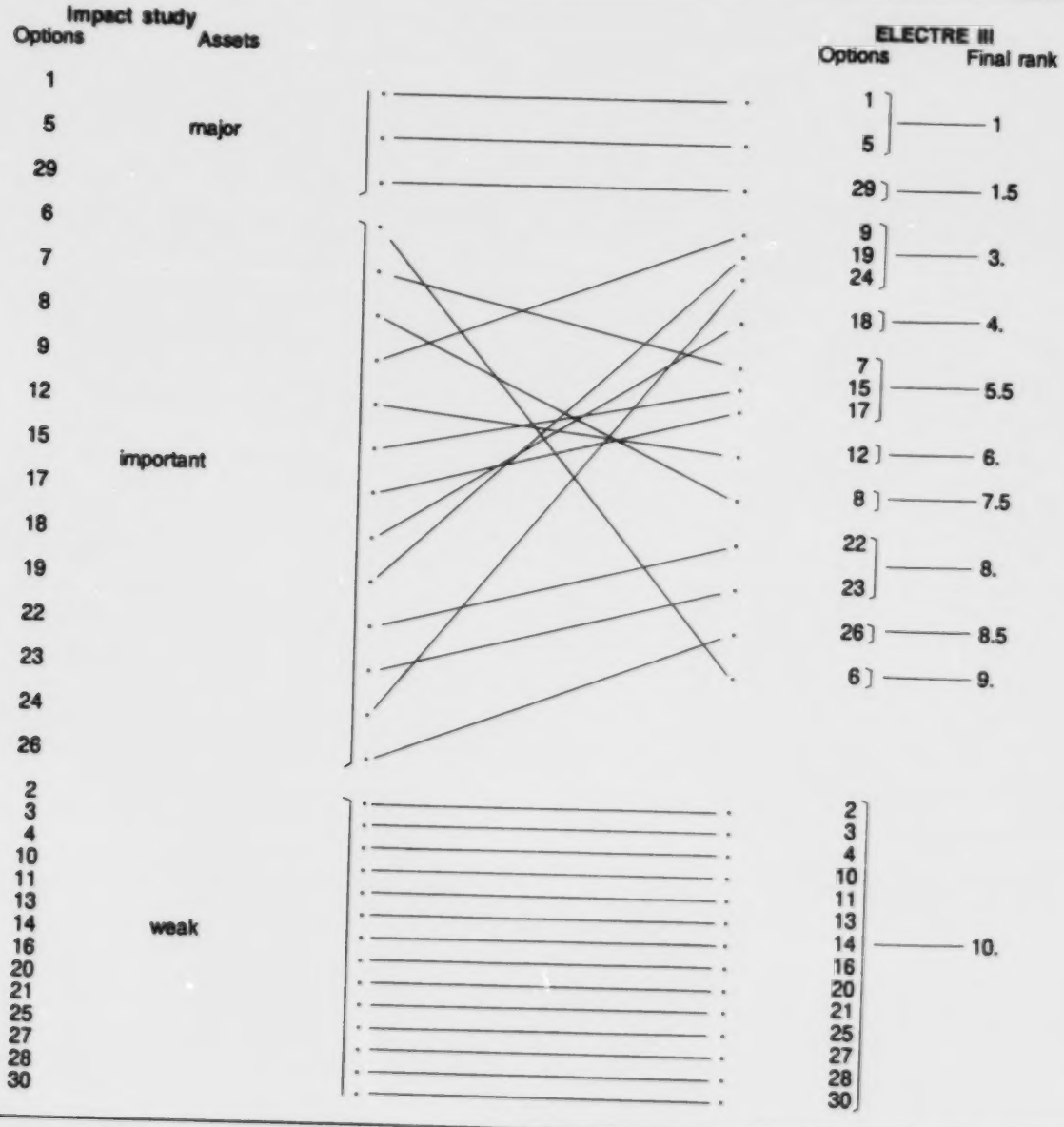


Table 10. Final rankings of the ecological districts

This original addition to the ELECTRE III model is designed to deal with the "contradictions" observed between the initial application of ELECTRE III and the ranking by the impact study.

Thus, all the parameters defined on the initial application of ELECTRE III will remain the same. However, the following elements will be added to this modeling on modification of the matrix of raw data.

- If an ecological district has recognized scenic value and if, in the same ecological district, the percentage of wooded area is greater than or equal to 85[22] or if the number of cottages is greater than or equal to 162, then the area of recognized scenic value will have an assessment corresponding to 4; otherwise, it will have an assessment corresponding to 2.

- If an ecological district has an assessment between 39 and 50[22] for area under cultivation, then it will retain this assessment on area under cultivation if the area of 1, 2 and 3 soils is greater than 3[22]; otherwise the assessment on this criterion will equal 0. If the area under cultivation is greater than 50[22], then the assessment will automatically remain the same.

With these few modifications, let us now look at the final ranking of the options.

The results of this second application of the ELECTRE III method are much closer to the ranking by the impact study. In fact, there is no longer any overlap between the three types of assets from the impact study with the ELECTRE III ranking. It could be tentatively concluded that the modifications made to the matrices of raw data reflect the preferences of the promoter. However, according to the conditions governing application of the method, only the ranking of options 1, 5 (class 1), 29 (class 1.5), 24 (class 3), 6 (class 9) and 2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28 and 30 (class 10) can be considered 100% reliable on the basis of the information used for the model. The final ranking by ELECTRE III on the other options is less certain, since the two inverse rankings (downward and upward distillations) show certain differences (see table 8, page 83). However, we can be certain that these ecological districts, that is, options, 9, 19, 18, 12, 15, 7, 17, 8, 22, 23 and 26, are important assets, since these same options fall in both distillations between equivalence classes representing major and weak assets, for which we have reliable rankings.

[22] These values were selected on the basis of the data matrix since there is no reference in the impact study to this topic.

5. CONCLUSION

The ELECTRE III method emphasizes consistency in decision-making. In addition to reliably reproducing the same classification as that of the impact study, application of the method to the problem of ranking the ecological districts offers more information than the method used in the impact study.

Considering that:

1. The definition of pseudo-criterion, through the introduction of strict preference, weak preference and veto levels on the assessment criteria, permits a better understanding of the assessments which played an effective role in the ranking of the ecological districts;

2. the weighting of the criteria, through the introduction of indices of importance of:
   0.57 on the "recognized scenic value" criterion
   0.14 on the "wooded area" criterion
   0.14 on the "1, 2 and 3 soils" criterion
   0.14 on the "number of cottages" criterion
   0.01 on the "wooded area" criterion
   permits a better grasp of the relative importance assigned to the "recognized scenic value" criterion in relation to the other criteria;

3. the definition of the set of potential actions, that is, the definition of the set of ecological districts to be included in the ranking, has demonstrated that the 74 ecological districts were ranked in relation to each of the 8 ecological regions, or, in other words, that ranking was performed for each ecological region;

it is our opinion that application of the ELECTRE method permits better structuring of the problem of ranking the ecological districts than the method used in the impact study and thus a better understanding of the parameters involved in ranking the ecological districts and the manner in which they operate. For example, the definition of the set of potential actions reveals indirectly that the assessments on the criteria classifying an ecological district as an important asset in the Lower Appalachian Plateau ecological region might well have produced other results in the neighbouring ecological region, since the comparisons do not relate to the same data base. In other words, the promoter of the project under study performed a further reduction of the study zone, on the basis of the ecological regions, before ranking the ecological districts. In addition, the formal structure of the ELECTRE III method reveals certain "inconsistencies" in the ranking of the ecological districts of the Lower Appalachian Plateau ecological region by the impact study. For example, how can we explain the fact that ecological districts 6 and 29, with virtually the same assessments, are classified respectively as important and major assets in the impact study (see Table 1)? This questioning, which has led us to a series of speculations on the actual role played by the "wooded area" criterion in ranking the ecological districts, demonstrates the existence of "inconsistencies" very difficult to explain in the application of the method used by the promoter of the project under study. Moreover, these inconsistencies, which were rapidly detected by comparing the results of the initial application of the ELECTRE III model to the results of the impact study, demonstrate the sensitivity of the ELECTRE III model. Finally, the assignment of indices of importance on the criteria used to rank the ecological districts emphasizes the full relative importance assigned to the "recognized scenic value" criterion, and thus to the recreation-tourism orientation of the ecological districts. In fact, this criterion alone assumes as much importance as all the other criteria combined. Since we have been able, on the basis of this weighting, to reproduce the same classification as that of the impact study, we feel that this scale of values, applied to the criteria in the example of application, expresses relatively accurately the preferences of the promoter, in view of the fact (for example, district No 24, see Table 2) that an ecological district with no recognized scenic value but high assessments on all the other criteria will nonetheless be classified as an important asset.

By establishing a formal structure for the process of ranking the ecological districts, the ELECTRE III method also encourages communication of the results of analysis to the public and to those responsible for decision-making. Although this aspect of the EIS process has not been specifically examined in this study, it seems clear, nonetheless, that the participation of a number of parties in a critical examination of the impact studies promotes the use of methods providing information which will permit, for example, a clear understanding of all the stages and parameters involved in the final ranking of the ecological districts. On this latter point, we believe that the ELECTRE III method is an excellent tool. Combined with computer processing capabilities, the method's potential as a tool for communication and for structured decision-making could enable a wide range of individuals to test their viewpoints against those of the promoters. This potential application of the ELECTRE method might even include active participation by the various parties concerned in certain critical phases of the EIS process, for example in the selection of weightings for the criteria, and would permit a rapid response to the incompatibilities between the selections of the various parties and thus, improved orientation, where possible, of the solutions. It would be extremely interesting to test the ELECTRE method against this hypothesis through analyses of model sensitivity and of the possible implications for the EIS process.

The ELECTRE method thus emphasizes consistency in decision-making. Its principal difficulty lies in the fact that, if hypotheses of sufficient strength are not introduced on the

criteria selected, the method will not permit distinctions between the options being compared. The key to success in using this method lies in the effort to assign significance to the various levels and parameters used, in order to maintain certain degree of control over the method and thus to permit interpretation of the results obtained. On this point, analyses of model sensitivity are still required, to define even more precisely the limitations of the method.

COUNCIL MEMBERS

Tom Beck
Environmental Consultant
422 33rd Avenue N.W.
Calgary, Alberta
T2C 0B4
(403) 277-1363

Peter Boothroyd
School of Community & Regional Planning
2206 East Mall
University of British Columbia
Vancouver, B.C.
V6T 1W5
(604) 228-4155

Katherine Davies
Eco-Systems Consulting Inc.
44 Eastmount Avenue
Toronto, Ontario
M4K 1V1
(416) 463-3545

Nancy Doubleday
Inuit Circumpolar Conference
Suite 510, 170 Laurier Ave. W.
Ottawa, Ontario
K1P 5V5
(613) 238-8181

Michel Gariépy
Institut d'urbanisme
Université de Montréal
5620 Darlington Ave.
Montréal, Québec
H3C 3J7
(514) 343-6386

Susan Holtz
Environmental Consultant
Stanbrae Road
Ferguson's Cove
Box 49, Site 15
RR5 Armdale, Nova Scotia
B3L 4J5
(902) 477-3690

Esther Jacko
Chief & Council
Whitefish River, First Nation
General Delivery
Birch Island, Ontario
P0P 1A0
(705) 285-4335

David Kiell
Environmental Services
Newfoundland & Labrador Hydro
P.O. Box 12400
St. John's, Newfoundland
A1A 2X8
(709) 737-1494

Luc Ouimet
Bureau de consultation de Montréal
300 Saint-Paul East St.
3rd Floor
Montréal, Québec
H2Y 1H2
(514) 872-7807

Fred Roots
Environment Canada
10th Floor, Fontaine Bldg.
200, Sacré-Coeur Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 997-2393

Louise Roy
Environnement et relations avec les groupes d'intérêt public
3855 Northcliffe Ave.
Montréal, Québec
H4A 3K9
(514) 481-2576 - (514) 283-7289

Robert Walker
Environment
Saskatchewan Power Corporation
8th Floor, West Wing
2025 Victoria Avenue
Regina, Saskatchewan
S4P 0S1
(306) 566-2877

LIST OF SECRETARIAT MEMBERS

John F. Herity
Policy and Administration
*FEARO
13th Floor, Fontaine Bldg. 200 Sacré-Coeur Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 997-2254

Patrice LeBlanc
*FEARO/CEARC
13th Floor, Fontaine Bldg. 200 Sacré-Coeur Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 997-2253

Husain Sadar
*FEARO/CEARC
13th Floor, Fontaine Bldg. 200 Sacré-Coeur Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 997-2211

Robert H. Weir
Director, Environment Sector
Professional Services Branch, Environment, *CIDA
200 Promenade du Portage
Place du Centre
Room 735, 7th Floor
Hull, Quebec
K1A 0G4
(819) 997-6731

Barry Sadler
Institute of the North
American West
1631 Barksdale Drive
Victoria, British Columbia
V8N 5A8
(604) 477-8752

Chantal Sirois
CEARC
13th Floor, Fontaine Bldg. 200 Sacré-Coeur Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 953-2395

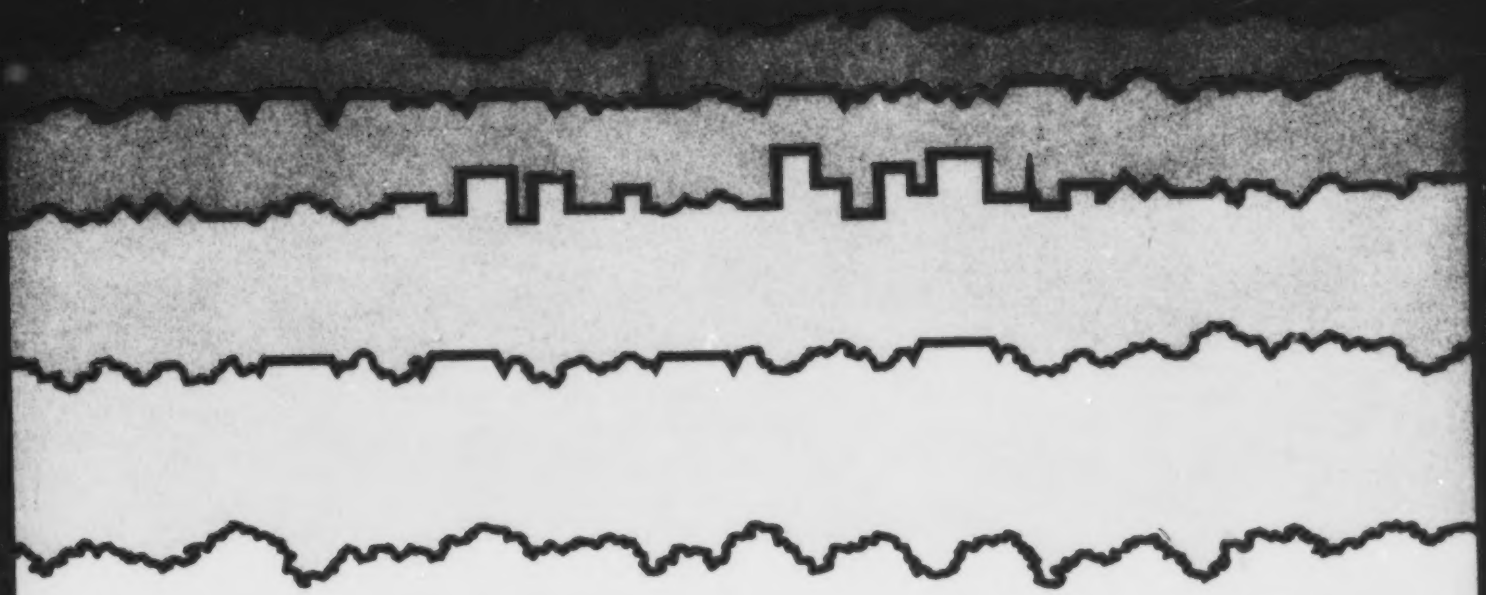
Robert Boulden
Environmental Impact Systems Division
Environment Canada
15th Floor, P.V.M.
351 St. Joseph Blvd.
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 953-1690

---

* **FEARO** (Federal Environmental Assessment Review Office)
* **CIDA** (Canadian International Development Agency)

CCREE Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale

CEARC Canadian Environmental Assessment Research Council



PROCESSUS D'EIE ET PRISE DE DÉCISION

Yves Phaneuf

PROCESSUS D'EIE
ET PRISE DE DÉCISION

Yves Phaneuf
Institut d'urbanisme
Université de Montréal

Documentation préparée pour le compte du
Conseil canadien de la recherche
sur l'évaluation environnementale

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990

N° de cat. En107-3/16-1990

ISBN 0-662-57521-0

AVANT-PROPOS

Le CCREE a été établi en 1984 pour rechercher et explorer l'évaluation environnementale (EE) sur les plans scientifique et technique ainsi que sur celui des procédures, et pour trouver des façons d'améliorer son efficacité.

Afin d'accomplir sa mission, le CCREE cherche à favoriser l'émergence de nouvelles idées et l'élaboration de travaux de recherche portant sur l'amélioration du principe d'évaluation des impacts environnementaux de projets, programmes ou politiques visant pour le développement économique et social.

Les résultats des recherches menées par le CCREE sont offerts à tous les niveaux du gouvernement, au secteur industriel, aux universités et au grand public par l'entremise de ses publications.

En parrainant ce document de base, le Conseil avait pour objectif de fournir des renseignements pertinents et de stimuler la discussion sur les sujets intéressants pour ceux qui s'occupent de l'évaluation des impacts environnementaux. Toutefois, les opinions exprimées sont strictement celles des auteurs et ne correspondent pas nécessairement à celles des membres du Conseil ou de son secrétariat.

Ce rapport représente les résultats de recherches parrainées par le CCREE dans le cadre du Programme de contrats de recherche accordés aux étudiants diplômés (PCRED). Le PCRED a été établi par le CCREE dans le but d'encourager les étudiants diplômés qui entreprennent des études sur l'évaluation environnementale dans les universités canadiennes. À chaque année, le comité de sélection du programme est chargé de choisir le(s) meilleur(s) rapport(s) pour les éditer dans la série des documents de référence du CCREE.

Pour plus de renseignements sur les activités générales du Conseil et sur ses publications, veuillez communiquer avec:

Le Secrétariat
CCREE
13e étage, Immeuble Fontaine
200, boul. Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3

Tél: (819) 997-1000
Fax: (819) 994-1469

REMERCIEMENTS

Ce rapport de recherche a été réalisé dans le cadre d'une bourse de recherche accordée en 1985 par le Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale (CCREE).

Ont participé à la réalisation de ce rapport, monsieur Michel Gariepy, professeur agrégé à l'Institut d'urbanisme de l'Université de Montréal, à titre de directeur du projet, et monsieur Olivier Soubeyran, professeur agrégé à l'Institut d'urbanisme de l'Université de Montréal, à titre de directeur-adjoint au projet.

Ce rapport de recherche présente essentiellement l'apport méthodologique d'un modèle d'aide à la décision, en l'occurence la méthode ELECTRE, aux études d'impact sur l'environnement. Le modèle ELECTRE a été développé à l'école de monsieur Bernard Roy : le Laboratoire d'analyse et modélisation du système d'aide à la décision (LAMSADE) à l'Université de Paris-Dauphine. Dans le texte, toutes références d'ordre méthodologique au modèle ELECTRE proviennent de rapports de recherche publiés par monsieur Roy ou de documents du LAMSADE (cités en bibliographie).

TABLE DE MATIÈRES

Avant-propos
Remerciements

1. **INTRODUCTION** 1

2. **LA MÉTHODE ELECTRE** 3

ELECTRE I et II 4

ELECTRE III 6

3. **LE PROJET À L'ÉTUDE** 7

Étude de cadrage 7

Connaissance de la zone d'étude, des corridors et des aires d'accueil 13

Choix de l'exemple d'application 15

4. **EXEMPLE D'APPLICATION DU MODÈLE ELECTRE III** 17

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination de l'ensemble des actions potentielles .. 17

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination des critères d'évaluation 18

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination des indices d'importance 22

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination des seuils sur chacun des critères 23

Calcul des indices de concordance : cj (a, b) 23

Calcul des indices de discordance par critère 24

Calcul de la relation de concordance : C (a, b) 24

Calcul de la relation de surclassement floue : d (a, b) 25

Les algorithmes de classement 27

Principes de l'algorithme de classement 27

5. **CONCLUSION** 39

1. INTRODUCTION

Dans toute étude scientifique, le choix des méthodes d'analyse se pose. Ce choix est fonction, d'une part, de la problématique de l'étude et, d'autre part, des objectifs de l'étude. L'approche scientifique des problèmes causés par l'homme à son environnement, ou plus précisément les études d'impact, soulève également la question du choix des méthodes de recherche.

Une étude d'impact est essentiellement, dans la mesure des connaissances acquises, un exercice de prévision des changements éventuels causés par la réalisation d'un projet et de leurs conséquences sur l'environnement. C'est son objectif principal. Comme le contenu des études d'impact peut varier considérablement en fonction du projet à l'étude, et l'environnement étant un système dynamique composé d'une multitude de facteurs à prendre en considération, les impacts d'un projet sur l'environnement toucheront inévitablement plusieurs aspects de son milieu d'insertion. Pour ces raisons, des choix doivent être faits, soit entre plusieurs impacts possibles d'un projet, soit entre plusieurs sites d'implantation du projet, soit encore entre la réalisation ou l'abandon du projet à l'étude, etc. Pour effectuer ces choix, les impacts prévus par les études doivent être évalués. Les études d'impact sont produites pour guider ce choix.

Bref, l'objet des études d'impact est donc double; il s'agit de déterminer les impacts d'un projet sur son milieu puis d'évaluer le projet en fonction tant de ces impacts que de considérations économiques, sociales et autres.

L'essai de synthèse et d'analyse qui procède d'une telle problématique révèle sa très grande complexité. Celle-ci provient, d'une part, du nombre élevé de facteurs en présence, dont beaucoup risquent d'être contradictoires ou, du moins, difficilement quantifiables (par exemple, il est souvent difficile de quantifier adéquatement les impacts sociaux d'un projet), et d'autre part, le grand nombre de personnes touchées ou préoccupées par les impacts éventuels d'un projet (chacune d'elles ayant sa propre perception et ses propres valeurs à défendre par rapport au projet à l'étude). Pourtant, une décision sera prise quant à l'opportunité d'entreprendre ou non le projet en question. Puisque cette décision tiendra compte de l'analyse scientifique qui aura été réalisée, il nous apparaît dès lors important de faire l'essai de synthèse et d'évaluation à l'aide d'instruments (ou de méthodes) permettant d'organiser, de stimuler et de guider la réflexion en regard des choix à faire.

C'est dans cet esprit que nous nous efforcerons de tester l'apport de la méthode ELECTRE au processus d'évaluation des impacts sur l'environnement, car cette méthode admet et gère le genre de contraintes qui influencent le choix d'une action donnée en vue de modifier des éléments de l'environnement. La question à laquelle on tente de répondre a donc deux volets :

- *comment* choisir entre plusieurs actions ou options possibles;
- *comment* sélectionner des options lorsque celles-ci sont jugées suivant des critères qui souvent ne se prêtent pas à la comparaison.

Choisir, c'est décider d'accorder *préférence* à un objet, à une personne ou à une idée par rapport à d'autres. L'expression des préférences sous-entend l'expression d'un *jugement* ou d'un sentiment qui nous porte à considérer un objet, une idée ou une personne comme supérieur, meilleur ou plus important que d'autres. C'est comme exprimer un ordre de grandeur ou une échelle de valeur pour plusieurs *objets*. Ces définitions impliquent aussi, que la personne qui choisit doit accepter de faire des comparaisons. Tout choix est impossible à effectuer pour celui qui se refuse à établir des relations d'importance relative entre les divers *objets* en cause.

Les quatre générations du modèle ELECTRE ont été développées par Bernard Roy[1] en fonction de cette notion de préférence (implicite dans tout choix) pour guider la prise de décision. Les modèles ELECTRE représentent les préférences d'une façon formelle (modélisation mathématique), comme des *relations de surclassement* dans une problématique multicritère.

Nous nous proposons donc, à partir d'un projet ayant fait l'objet d'une évaluation des impacts sur l'environnement, de :

1. définir plus spécifiquement le contenu et les conditions d'application du modèle ELECTRE;
2. chercher une étape de l'étude d'impact qui en reflète bien la problématique;
3. effectuer une application détaillée du modèle ELECTRE;
4. analyser, en conclusion, les apports et l'adaptation de la méthode ELECTRE ou processus d'EIE en fonction de l'exemple utilisée.

---

[1] Depuis les quinze dernières années, quatre générations de modèles (ELECTRE I, II, III, IV) ont été développées à l'École de B. Roy: le Laboratoire d'analyse et modélisation du système pour l'aide à la décision (LAMSADE, Université de Paris-Dauphine).

2. LA MÉTHODE ELECTRE[2]

Pour donner une représentation mathématique aux préférences, le modélisateur procède à l'aide de *descripteurs* et *d'évaluateurs*. Nous appelons évaluateur la projection de l'ensemble des options sur un ensemble de descripteurs. Les descripteurs peuvent être de nature mathématique fort différente. Ils peuvent être :

- des mesures;
- des ensembles totalement ordonnés;
- des éléments pris dans un ensemble;
- des cas intermédiaires.

La notion de descripteur ne fait pas encore intervenir l'idée de préférence. Celle de *critère* renvoie à cette idée. On appellera critère un descripteur doté d'une structure de préférence. En effet, une mesure (par exemple la température en degrés Celcius) ne représente pas un jugement de valeur, mais bien la collecte et la classification systématiques de données portant sur un ou plusieurs objets. Par après, les résultats de mesures peuvent faire l'objet d'une évaluation.

Nous interprétons alors les résultats de la mesure en lui accordant une signification, en posant un jugement de valeur. On peut donc attribuer plusieurs significations à l'une ou l'autre des données qui composent le descripteur, d'où l'idée de plusieurs points de vue possibles pour un même problème. Nous verrons un peu plus loin comment le modèle ELECTRE III exploite à fond cette notion de structure de préférence d'un critère.

On établit donc un tableau d'évaluation à partir de la matrice des données sur chacune des actions.

	Critères		
	1	2	3
Actions			
a			
b			
c			

En résumé, pour qu'un descripteur soit un critère, il faut d'abord qu'il intervienne dans le problème de décision à l'étude. De plus, la structre propre au descripteur ne coïncidant pas nécessairement à sa structure de préférence, on doit définir cette structure de préférence.

La méthode ELECTRE permet en outre d'exprimer d'autres jugements de valeur en fonction de l'importance relative des critères, ceci en accordant des *poids* (en chiffres) à chacun des critères. Le tableau d'évaluation prend donc la forme suivante :

	Critères		
	1	2	3
Actions			
a			
b			
c			
Poids	x	y	z

En fonction du problème en cause, la modélisation se fait donc de la manière suivante :

1. définition de l'ensemble des solutions de rechange possibles du problème.
2. recherche des descripteurs entrant en ligne de compte dans le choix de l'option préférentielle et définition de la structure de préférence de ces descripteurs (i.e. définition des critères).
3. élaboration d'un tableau à double entrée : en colonne on place les critères, en ligne on place les solutions de rechange possibles. À chacune des intersections, on place l'évaluation de la solution (a) par rapport à critère (e). Ce tableau s'appelle : *tableau d'évaluation multicritère*.
4. détermination des poids accordés à chacun des critères.

Cette mise en forme du cas à l'étude constitue une des étapes les plus importantes et les plus délicates des études d'aide à la décision. Il faut :

- choisir le bon ensemble d'actions ou de solutions de rechange possibles, i.e. celui qui contient toutes les actions qu'il est nécessaire d'envisager;
- recenser tous les points de vue (ou préférences) pertinents;
- trouver les descripteurs et les critères exprimant ces points de vue;
- trouver des évaluateurs qui soient fiables et opérationnels.

---

[2] Notre exposé sur la méthode ELECTRE s'inspire largement de la description qu'a donné Alain Schärlig dans *Décider sur plusieurs critères, Panorama de l'aide à la décision multicritère*, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1985.

Enfin, avant de commencer la modélisation comme telle, il est aussi nécessaire de savoir à quel type de problème multicritère on s'adresse, à savoir :

- trouver une option préférée à toutes les autres;
- trouver un sous-ensemble dans l'ensemble des options contenant l'option préférée;
- visualiser les préférences de plusieurs parties au processus relativement à l'option privilégiée;
- doter l'ensemble des options d'une structure d'ordre ou de pré-ordre total, i.e. hiérarchiser les options de la meilleure à la moins bonne selon les préférences exprimées.

À partir des données du tableau d'évaluation multicritère, la méthode ELECTRE "calcule" des *relations de surclassement* entre les diverses options.

La manière d'établir le surclassement d'une option par une autre est fondée sur une idée de Condorcet, émise en 1785, à propos de démocratie; une action en surclasse une autre si elle est au moins aussi bonne que l'autre relativement à une majorité de critères, sans être trop nettement plus mauvaise que cette autre relativement aux autres critères.[3] On soumet donc le surclassement à une condition de *concordance*, condition imposant qu'une certaine majorité des critères se dégage en faveur de l'option surclassante; on le soumet en même temps à une condition de *non-discordance*, condition imposant qu'il n'existe pas une trop forte pression dans un des critères en faveur du surclassement inverse. En effet, il pourrait arriver, par exemple, qu'un seul critère diverge, pesant peu dans l'ensemble mais que la divergence soit tellement significative pour ce critère qu'elle rende le surclassement peu plausible. C'est le souci de Condorcet. Les surclassements ne concernent que deux options à la fois. La paire a/b étant ici différente de la paire b/a, il faut examiner toutes les options, une à une, les comparer à toutes les autres, en se demandant à chaque étape si la première surclasse ou non la seconde. On cherche ainsi à établir un tableau à double entrée, dont les entrées sont la liste des options exprimant les surclassements d'une option sur une autre.

Tableau des surclassements

Option	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

ELECTRE I et II

ELECTRE I (1968) est la plus ancienne et la plus simple des méthodes ELECTRE. Elle relève de la problématique de choix, dite problématique *alpha*. Celle-ci consiste à chercher, dans l'ensemble des options envisagées, un sous-ensemble contenant les "meilleures" options ou, à défaut, les options "les plus satisfaisantes".

L'indice de concordance est obtenu en considérant les critères pour lesquels la première option est au moins aussi bonne que la seconde (donc 2). On fait la somme des poids de ces critères, après quoi on divise cette somme par tous les poids, ceci en vue d'obtenir un indice compris entre 0 et 1.

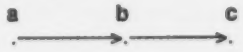
L'indice de discordance cherche les critères dont la divergence est la plus forte, c'est-à-dire le critère où la différence des évaluations sur les deux options comparées est la plus grande dans le sens du désaccord au surclassement. On retient cette différence et on la divise par la longueur de la plus grande échelle de valeurs numériques accordée aux critères, encore une fois pour obtenir un indice compris entre 0 et 1. Donc, plus l'échelle des valeurs est grande, plus l'indice de discordance pour ce critère peut être grand. En revanche, la longueur des échelles ne joue aucun rôle dans le calcul de l'indice de concordance : ce sont plutôt les poids qui influencent les résultats obtenus pour cet indice.

Lorsqu'on fait ces calculs pour toutes les paires ordonnées possibles, on peut les résumer en deux matrices : une matrice des indices de concordance et une matrice des indices de discordance. Suivant la règle de Condorcet, un surclassement d'une option sur une autre ne peut être retenu que s'il y a une bonne concordance vis-à-vis des données, et si la discordance n'est pas trop élevée pour l'un des critères. Le choix de ces valeurs "repères" incombe à l'utilisateur du modèle.

ELECTRE I ne tranche pas. La méthode laisse à l'utilisateur le soin d'opérer la séparation finale, trait caractéristique de l'approche multicritère, et ceci uniquement par rapport aux points de vue énoncés par les responsables ou par d'autres intéressés. Ces points de vue mis en forme par ELECTRE I sont reflétés dans le graphique de surclassement. C'est en analysant ce graphique que l'on peut dégager un sous-ensemble des "meilleures options".

Les créateurs d'ELECTRE définissent le sous-ensemble à l'aide de la théorie des graphiques : le sous-ensemble est le noyau du graphique de surclassement. La définition du noyau, telle qu'elle apparaît dans la théorie des graphiques, correspond bien au but d'ELECTRE : on obtient un noyau dans un graphique donné, en sélectionnant un sous-ensemble tel que tout sommet éliminé est surclassé par au moins un sommet conservé, et tel qu'aucun sommet conservé n'est surclassé par un autre qu'on a également conservé.

La détermination du sous-ensemble repose sur l'intransitivité. Par exemple, le noyau de l'exemple suivant est composé des options **a** et **c** :

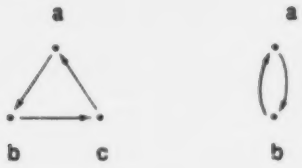


[3] Au moins aussi bonne signifie qu'on assimile les critères donnant l'action "égale" à ceux qui la donnent "meilleure".

S'il y avait transitivité, l'option **a** serait le seul élément du noyau.[4] Mais, comme nous sommes dans une problématique multicritère, pour que **a** surclasse **c**, il aurait fallu qu'une flèche aille directement de **a** vers **c**. L'exemple précédent nous assure que les critères sur lesquels se fonde le surclassement de **a** sur **b** diffèrent de ceux qui ont donné le surclassement de **b** sur **c**, car si ces critères étaient les mêmes, ils auraient également donné, et à plus forte raison, un surclassement de **a** sur **c**.

Dès qu'on accepte l'intransitivité, on accepte également la présence de circuits dans le graphique. Les circuits sont des cas où des options se surclassent mutuellement deux à deux. On les considère, dans un premier temps, comme équivalentes. Les sommets réunis par un circuit sont ensuite fondés en une seule classe d'équivalence dans le graphique.

Exemple de circuits :



ELECTRE II et III, produites quelques années plus tard toujours sous la direction de Bernard Roy, s'insèrent dans le même schéma.

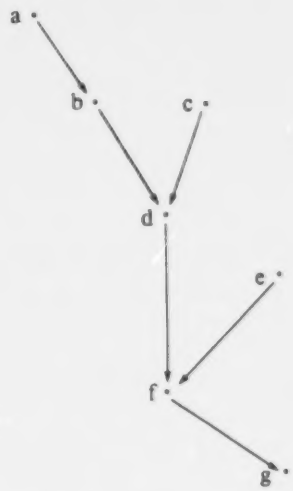
ELECTRE II (1971-72) a été produite pour créer une méthode relevant de la problématique de rangement où l'on veut classer les options depuis les "meilleures" jusqu'aux "moins bonnes". De plus, certaine nouveautés y ont été introduites.

Dans le but de supprimer le plus possible les circuits issus du recouvrement des critères "jugés" équivalents, la somme des poids des critères qui sont meilleurs par rapport aux poids des critères en discordance pour un surclassement d'une option sur une autre doit être supérieure à 1.

Pour le reste, l'indice de concordance ne change pas, mais on lui donne trois seuils. De même, l'indice de discordance ne change pas dans sa définition, mais on le calcule pour chaque critère discordant et on lui donne deux seuils dans chaque critère discordant. Les seuils de discordance sont choisis en tenant compte de la longueur de l'échelle des évaluations propre à chaque critère.

Tous ces seuils sont le support d'une autre nouveauté qui permet de distinguer entre un surclassement faible et un surclassement fort. Le graphique de surclassement sera donc composé de ces deux types de surclassement.

Dans le but de répondre à la problématique de rangement, ELECTRE II cherche ensuite à effectuer deux types de rangement des options à partir du graphiquee de surclassement, c'est-à-dire un classement dit "direct" et un autre dit "inverse". Pour le classement direct, on examine les surclassements forts pour ranger les options par classes, et ceci en fonction de la longueur des chemins. En théorie des graphiques, la longueur d'un chemin est déterminée par le nombre d'arcs (flèches) qui constituent un chemin.



Ainsi, la première classe est composée des options non-surclassées, c'est-à-dire des options auxquelles aboutit un chemin de longueur nulle (options **a**, **c**, et **e** de l'exemple ci-dessus). La deuxième classe est composée des options auxquelles aboutit un chemin de longueur 1 (ce sont les options qui seraient non-surclassées si l'on retire du graphique la première classe), etc. Les options égales dans une même classe seront départagées dans la mesure du possible à l'aide des surclassements faibles.

Pour le second rangement dit inverse, on range les options en fonction de la longueur des chemins, toujours avec les surclassements forts, mais cette fois avec les chemins issus de ces options. Ainsi, la première classe est composée des options dont est issu un chemin de longueur maximale; la dernière classe est celle des options qui ne sont surclassées par aucune autre. À nouveau, on départagera les options égales à l'intérieur des classes en examinant les surclassements faibles.

On compare ensuite les deux classements. S'ils sont peu différents, c'est que les résultats de la procédure sont solides. Si les résultats diffèrent trop, c'est qu'on ne peut suggérer un classement de toutes les options en présence, d'après les critères et les seuils utilisés, avec de bonnes

[4] Par définition, une relation R est transitive si : aRb et bRc = <aRc. C'est le cas notamment de relations comme "égal à" ou encore "inférieur à" où : a < b et b < c = > a < c
Mais une relation peut aussi ne pas jouir de cette propriété. La relation "vaut le double de" n'est pas transitive. Il en est de même de plusieurs autres qu'on appelle alors intransitives.

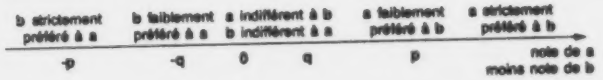
garanties de solidité. On peut alors considérer les options qui diffèrent beaucoup dans les deux rangements comme impossibles à classer sur la base de l'information disponible. L'on considère alors ces options comme des actions non-comparables. Les méthodes ELECTRE tiennent compte de cette situation appelée "l'incomparabilité des options". L'incomparabilité est la situation de celui qui cherche à éclairer une décision, mais qui est gêné par l'imperfection des informations dont il dispose (situation d'ailleurs assez fréquente). Ces deux notions, l'intransitivité et l'incomparabilité, reposent sur des considérations humaines. C'est l'une des qualités principales des méthodes ELECTRE.

ELECTRE III[5]

Tout comme ELECTRE II, ELECTRE III répond à la problématique de rangement. Cependant, ELECTRE III ne cherche pas seulement deux espèces de surclassement, les forts et les faibles, mais en examine toute une famille qui va du totalement fort (noté 1) au totalement faible ou inexistant (noté 0), en passant par toutes les nuances que permet l'échelle continue entre ces deux extrêmes. De plus, ELECTRE III étudie les surclassements tout en se demandant quel en est le degré de crédibilité. Le degré de crédibilité est noté 1 pour un surclassement complètement justifié par les jugements, il est noté 0 pour un surclassement que rien ne permet de justifier.

Comme dans les ELECTRE précédentes, la relation de surclassement fait appel à la concordance et à la discordance, mais de manière différente; des seuils sont introduits dans le calcul de la concordance, ce qui permet d'introduire en force la notion de structure de préférence des critères d'évaluation.

Examinons la différence en prenant la note de l'option **a** moins la note de l'option **b**. Cet écart - positif ou négatif - peut être jugé trop faible pour avoir une signification; on se trouve alors en situation d'indifférence. Dans l'application d'ELECTRE III, cela revient à définir une valeur **q**, dite seuil d'indifférence, et à décider qu'il y aura indifférence si l'écart est inférieur à **q**. Si, au contraire, la différence est très forte, supérieure à une quantité **p**, dite seuil de préférence, l'option la mieux cotée est réputée préférée. On est alors en situation de préférence stricte. Entre les deux, donc entre **q** et **p**, réside la zone de préférence faible en faveur de l'option la mieux évaluée. Cette situation est donc une transition entre l'indifférence et la préférence stricte.



Le choix des seuils revient à l'utilisateur du modèle. On définit alors une structure de préférence sur chacun des critères qui deviennent, selon la terminologie de Bernard Roy, des *pseudo-critères*. Un pseudo-critère désigne un critère dans lequel les deux fonctions (ou constantes) **p** et **q** ont été introduites. Cette mise en forme du problème repose sur des considérations humaines qui s'opposent souvent à la logique mathématique, mais qui répondent bien aux contraintes des problèmes d'environnement. La définition de ces seuils permettra ainsi de procurer à chacun des critères sa propre structure de préférence.

Comme dans ELECTRE I et II, la relation de surclassement est construite en ayant recours aux techniques de concordance et de discordance et ce, pour chacun des critères, avant d'en faire la synthèse.

ELECTRE III vise ainsi un rangement des actions exprimant en des termes plus ou moins nuancés les positions relatives des options en tentant de les départager en classes d'équivalence.

---

[5] Notre description d'ELECTRE III s'inspire du rapport de recherche rédigé par Bernard Roy, créateur de la méthode (voir référence bibliographique).

3. LE PROJET À L'ÉTUDE

Le projet qui servira de support à ce travail a pour objet la construction d'une ligne de transport d'énergie électrique de 735 kV et la construction d'un poste à 735-230 kV dans la région de l'Estrie, au Québec. Comme ce type d'équipement est assujetti à la Loi sur la qualité de l'Environnement du Québec (L.R.Q., chap. Q 2), le promoteur de ce projet, Hydro-Québec, a réalisé des études d'impact qui ont été rendues publiques en 1983 et qui ont fait l'objet d'un rapport par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (le BAPE). C'est donc à partir des études d'impact du projet intitulé "Poste des Cantons à 735-230 kV et lignes à 735 kV Nicolet-Des-Cantons", que sera effectuée l'analyse de cette recherche.

En bref, l'intention de construire ces nouveaux équipements est fondée sur des analyses historiques de l'augmentation de la demande de pointe pour une période de 15 ans (1966-1981) et sur des projections économiques et démographiques pour une période de 17 ans (1981-1998), à l'échelle du Québec.

À partir de ces données, le promoteur a procédé à des projections de la demande en électricité sur une période allant de 1981 à 1998. Le promoteur démontre ensuite que la demande en électricité pour la région de Sherbrooke dépassera, dès 1986, la capacité du réseau actuel. Le promoteur justifie ainsi la construction d'une nouvelle ligne de transport pour desservir la région de Sherbrooke.

Étude de cadrage

Deux solutions fondées sur des lignes de transport à tensions de 230 et 735 kV ont été examinées. Il s'agit de deux niveaux de tension disponibles au poste Nicolet, seul poste jugé suffisamment près de Sherbrooke pour être

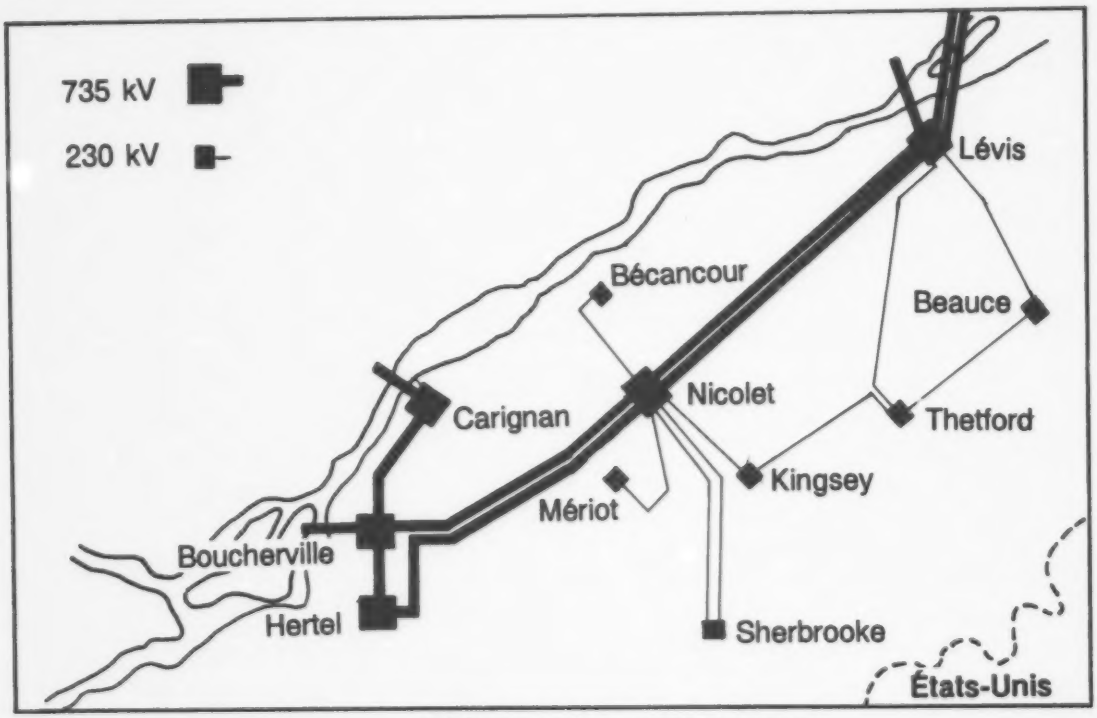


Schéma 1 : Réseau à 735 et à 230 kV

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, p. 15.

envisagé comme point de départ d'une nouvelle ligne. Les postes Hertel et Boucherville n'ont pas été retenus pour des raisons d'ordre technique[8] (schéma 1).

De plus, les deux solutions envisagées devront s'inscrire dans un réseau planifié pour satisfaire, à long terme, non seulement la région de l'Estrie mais aussi toute la région comprise entre le fleuve Saint-Laurent, la frontière américaine, la ville de Montmagny (à l'est de Québec) et la frontière ontarienne. L'évaluation tient donc compte de trois projets étroitement reliés entre eux à l'intérieur de ce territoire, soit:

- la construction du poste Delorme à 735 kV pour satisfaire la demande prévue dans la région de Saint-Hyacinthe-Granby. Selon les prévisions, ce poste sera requis vers 1989;
- la construction de nouveaux équipements pour satisfaire la demande prévue à long terme dans la région de Beauce-Thetford, vers l'an 2000;
- la construction, vers 1995, d'une nouvelle traversée du Saint-Laurent (ligne à 735 kV) entre Québec et Trois-Rivières.

Toutes ces constructions s'inscrivent dans la mise sur pied d'un réseau à 735 kV dans ce territoire.

Une première option à 230 kV a donc été envisagée. Il s'agit ici de conserver la même tension d'alimentation. Ce qui signifierait, à court terme, la construction pour 1986 d'un poste de sectionnement à 230 kV dans la région de Sherbrooke et d'une nouvelle ligne biterne à 230 kV sur environ 70 km pour raccorder ce poste au poste Nicolet. Compte tenu des prévisions de la demande, cette solution permettrait d'alimenter adéquatement la région de Sherbrooke à long terme, soit pendant environ 20 ans.

[8] Ces postes offrent la possibilité d'une option à 315 kV; mais la distance de 125 km séparant ces postes de la région rendait cette option techniquement inacceptable. Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, p. 12.

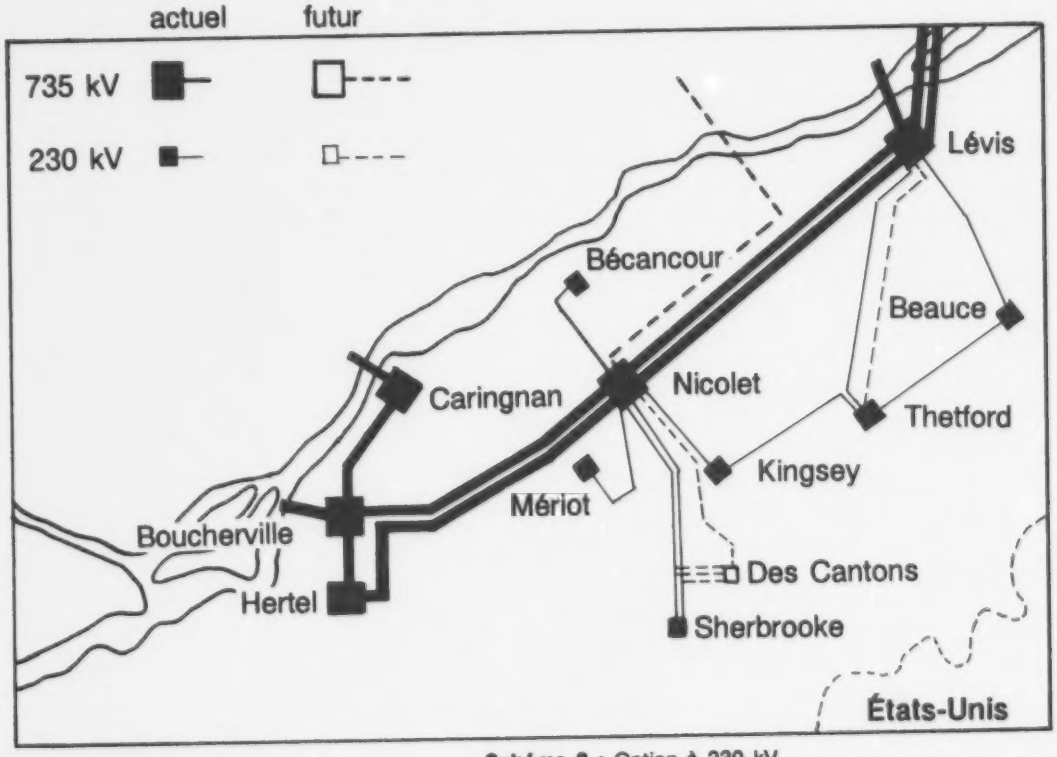


Schéma 2 : Option à 230 kV

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, p. 15.

Une autre solution, fondée sur une tension de 735 kV, a aussi été étudiée. Il s'agirait de construire un poste à 735-230 kV et de le relier par trois lignes à 230 kV aux lignes actuelles Nicolet-Sherbrooke. Ce futur poste serait raccordé au réseau actuel, au poste Nicolet, par une ligne à 735 kV.

Ces nouveaux équipements, compte tenu des prévisions de la demande, seraient utilisés, dans un premier temps du moins, à une tension de 230 kV. Selon le promoteur, on ne pourra plus répondre à la demande advenant une panne sur un des quatre circuits à 230 kV du réseau Nicolet-Sherbrooke à partir de 1996. Le poste de Sherbrooke (appelé poste Des Cantons) devra alors être alimenté par une seconde ligne à 735 kV.

Sur le plan économique, les deux solutions étudiées sont comparables. Les coûts pour l'option à 735 kV sont estimés à 107 millions de dollars, et ceux de l'option à 230 kV sont évalués à 105 millions de dollars.

Sur le plan technique, l'option à 735 kV est jugée la meilleure, parce que :

- cette option est mieux adaptée à la demande;
- les lignes à 230 kV occasionnent des pertes électriques considérables sur des distances importantes et, entraînent par conséquent, la sous-utilisation des lignes de transport; et
- cette option permettrait éventuellement d'établir un lien supplémentaire de transport à 735 kV entre la région de Québec et Drummondville et de raccourcir la ligne servant à l'intégration de la nouvelle traversée du fleuve.

Sur le plan environnemental, l'option à 735 kV assurerait une alimentation sur une période plus longue que des circuits à 230 kV, permettant de réduire au minimum le nombre des équipements additionnels dans le territoire : l'option à 230 kV impliquerait, à long terme, l'installation d'une autre ligne dans cet axe (selon les prévisions de la demande en électricité).

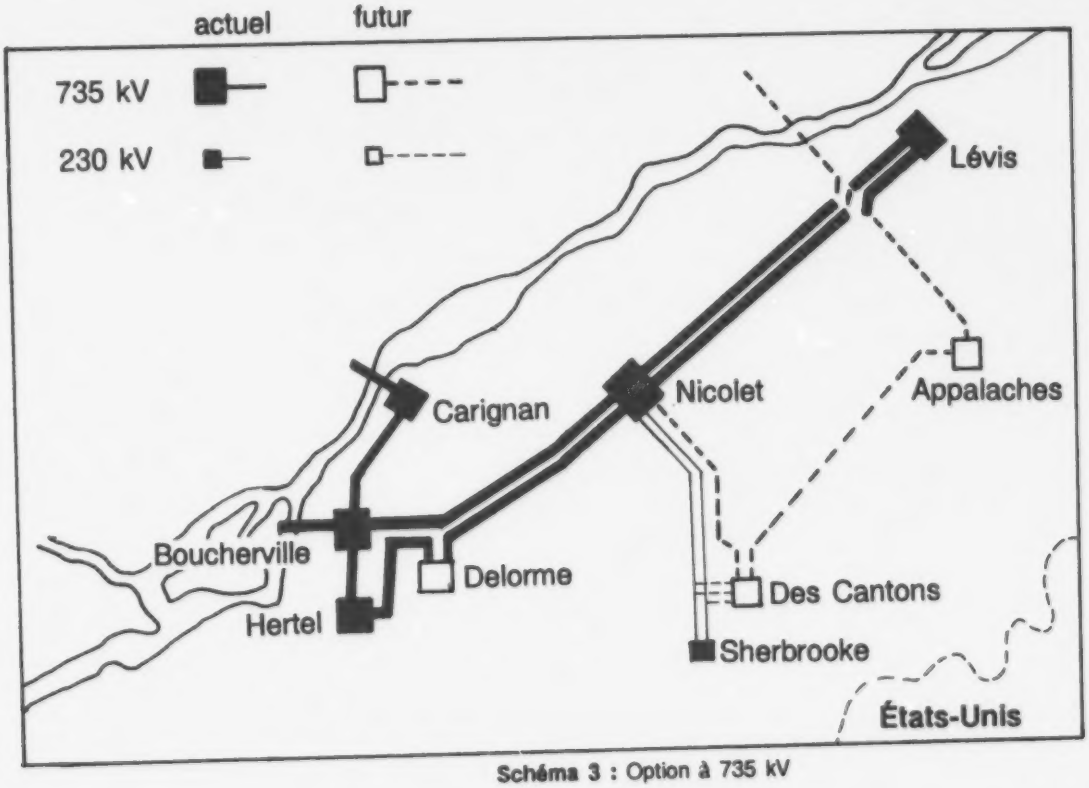
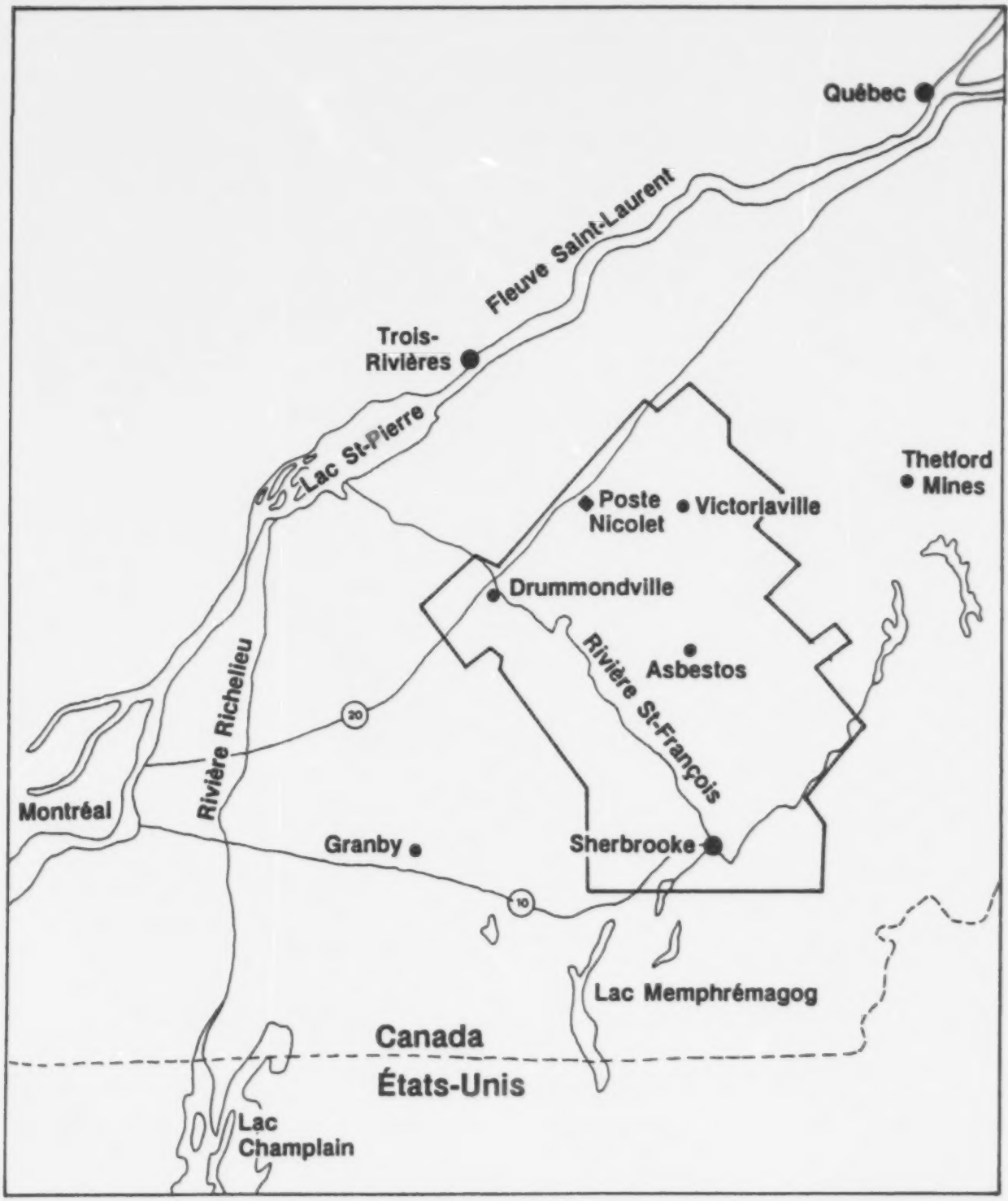


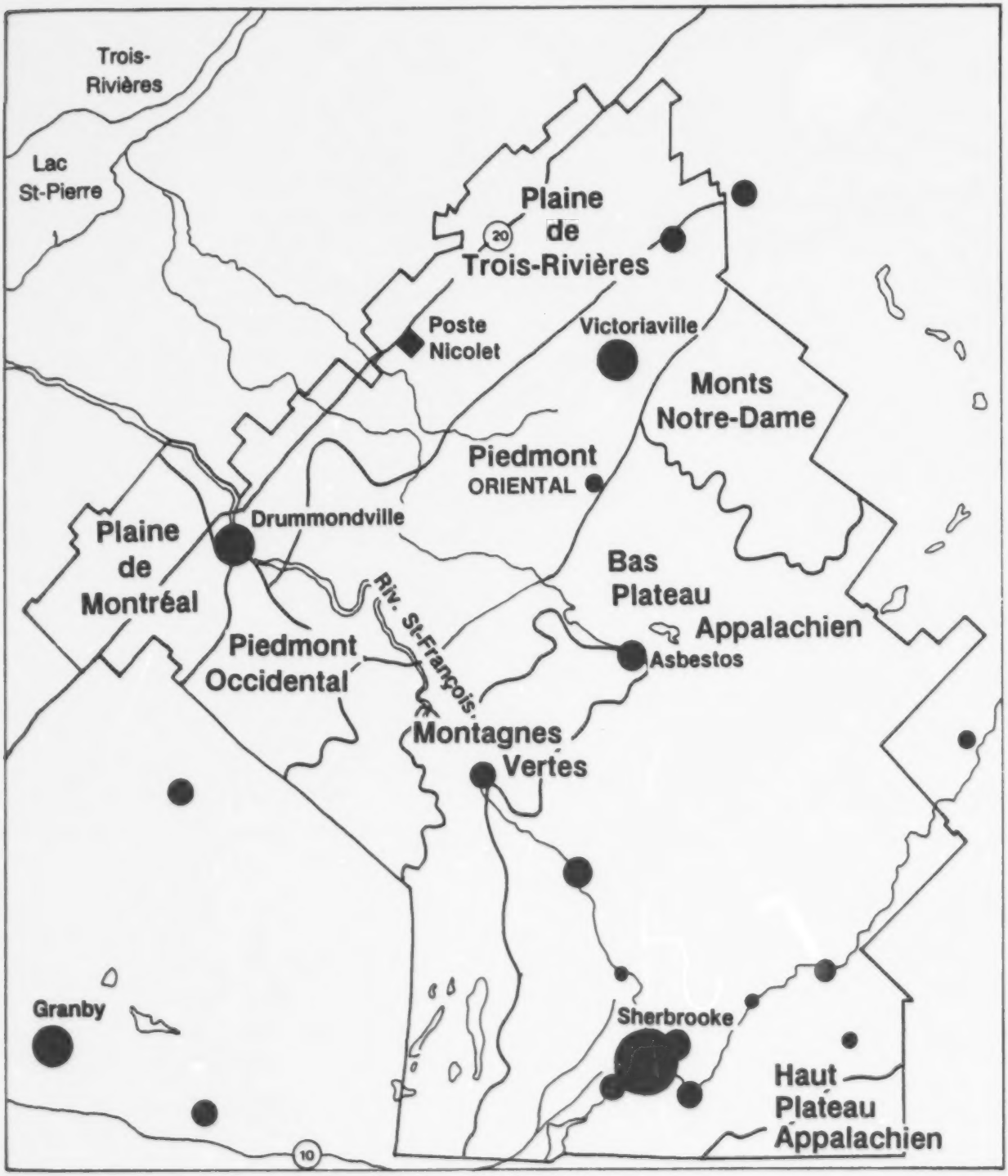
Schéma 3 : Option à 735 kV

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, p. 23.



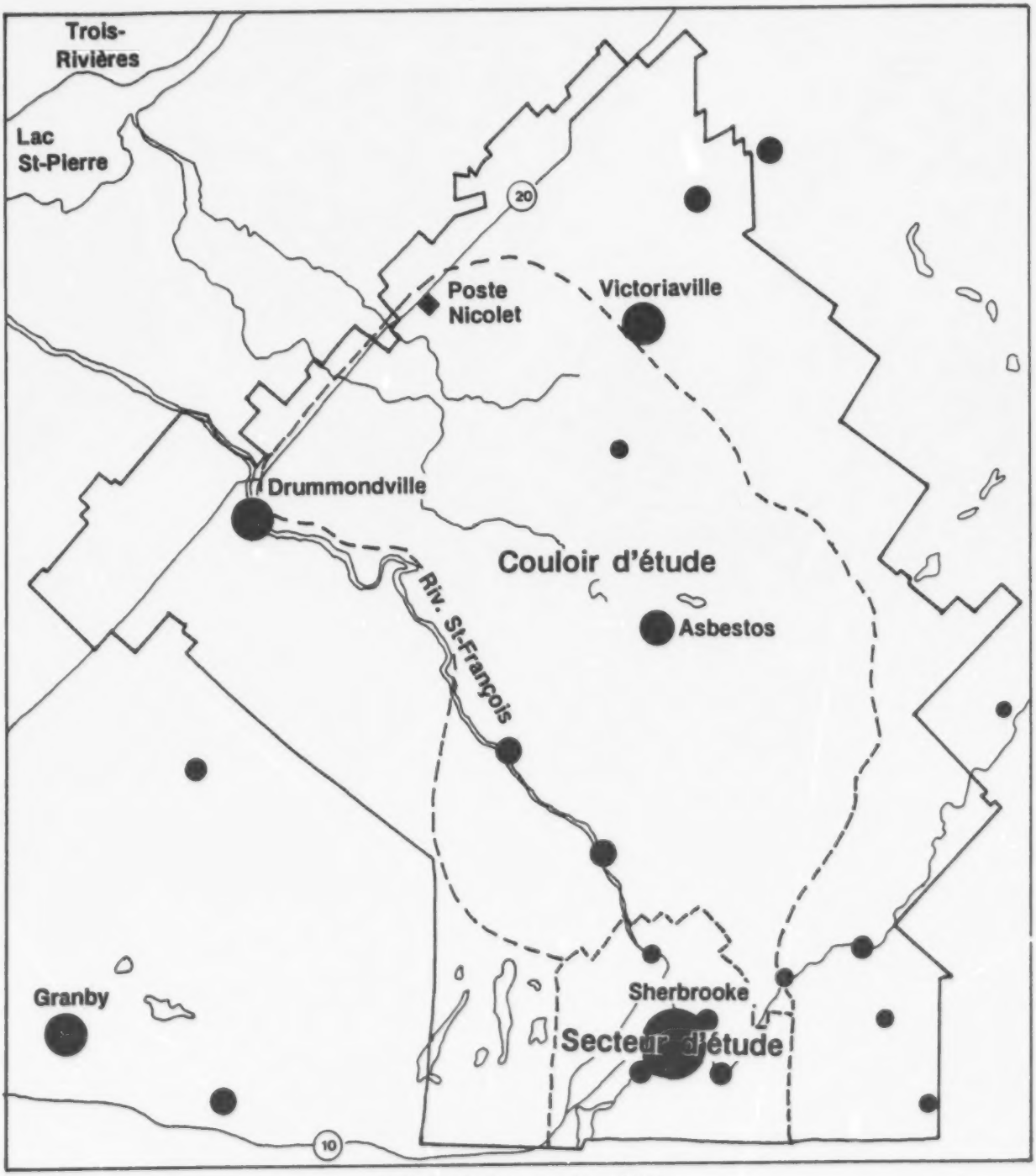
Carte 1 : Zone d'étude

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, Dossier cartographique, avril 1983.



Carte 2 : Les régions écologiques

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, Dossier cartographique, avril 1983.



Carte 3 : Couloir et secteur d'étude

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, Dossier cartographique, avril 1983.

En plus, l'option à 735 kV permettrait de relier ensemble tous les équipements prévus pour la mise sur pied d'un réseau à 735 kV dans le territoire de la Rive-Sud du Saint-Laurent.

Cette première étape de l'étude d'impact a donc permis, d'une part d'opter pour l'implantation d'une ligne à 735 kV et a servi, d'autre part, à délimiter une zone d'étude pour les étapes subséquentes de l'étude d'impact. Cette zone d'étude a été délimitée en fonction du réseau électrique en place alimentant la région de Sherbrooke et en fonction du point de départ choisi (le poste Nicolet) de la nouvelle ligne de transport d'énergie.

Connaissance de la zone d'étude, des corridors et des aires d'accueil

À l'échelle de 1 : 125 000, un premier inventaire systématique des milieux humain et naturel a été fait en tenant compte des aspects actuels, potentiels, et prévisibles. La zone d'étude a été ainsi découpée en régions et en districts écologiques selon la méthode préconisée par Jourdant.

Huit régions écologiques et 74 districts écologiques ont été délimités par Hydro-Québec. Le promoteur a ensuite procédé à une évaluation de l'importance relative des éléments des milieux humain et naturel afin de dégager, pour chaque district écologique, les enjeux environnementaux et de déterminer leur degré de résistance à la réalisation du projet.

Par enjeux environnementaux, le promoteur entend tout ce que l'on peut perdre ou modifier, du point de vue de l'environnement, par l'implantation d'une ligne ou d'un poste dans un espace donné. Une pondération est ensuite attribuée à chacun des indicateurs retenus, de manière à définir trois échelons d'enjeux environnementaux :

- les enjeux majeurs comprennant les espaces protégés par des lois ou des espaces hautement valorisés par la population;
- les enjeux importants sont les espaces de production agricole bien établis et les espaces valorisés par la population pour la villégiature et les loisirs;
- les enjeux faibles sont les espaces n'ayant pas d'enjeux majeurs ou importants.

Cette étape a servi à exclure quelques districts jugés comme des espaces à enjeux majeurs, dans le but de réduire la zone d'étude à un couloir et un secteur d'étude.

À l'intérieur du couloir d'étude, trois corridors pouvant accueillir une ligne de transport électrique ont été délimités en fonction des contraintes et des résistances des espaces terrestres et aériens. De même, sept aires d'accueil potentielles, où le futur poste à 735-230 kV sera implanté, ont été délimitées dans le secteur d'étude.

Ensuite, Hydro-Québec a procédé à une deuxième analyse des inventaires pour circonscrire à l'échelle 1 : 20 000, les éléments homogènes du milieu en unités d'environnement. Les 441 unités ainsi relevées ont ensuite été hiérarchisées en fonction de leur résistance plus ou moins forte à l'implantation d'un poste ou au passage d'une ligne. Cette pondération définit cinq niveaux de résistance :

- premièrement, les milieux spéciaux protégés par une loi ou valorisés par la population;
- deuxièmement, les milieux urbains et de villégiature;
- troisièmement, les milieux agricoles et agro-forestiers;
- quatrièmement, les milieux forestiers;
- cinquièmement, les milieux para-urbains.

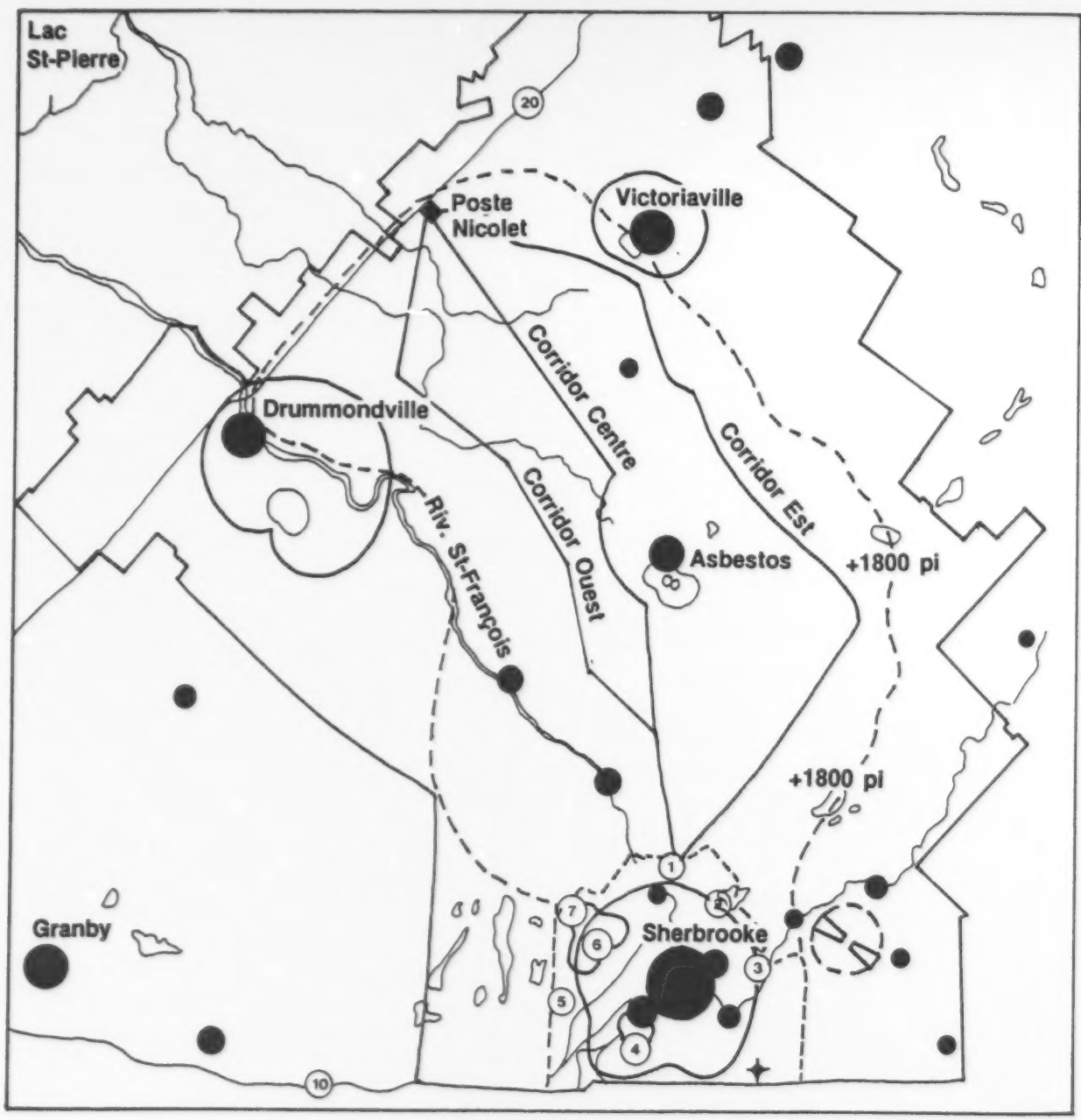
Les conclusions de l'analyse comparative selon les types de milieux traversés défavorisaient le corridor Centre par rapport aux deux autres. Cependant, un élément jouait en sa faveur : il renfermait déjà des lignes à 230 et à 120 kV entre le poste Nicolet et l'aire d'accueil Brompton Canton. Dans les deux autres cas, il aurait fallu pratiquer de nouvelles percées dans le territoire. Hydro-Québec a examiné la possibilité de démanteler certaines lignes dans le corridor Centre : possibilité confirmée pour une ligne à 230 kV (dans l'emprise actuelle du corridor Centre) et pour deux lignes à 120 kV dans une partie du corridor Centre. En raison de ce démantèlement, l'emprise supplémentaire pour une nouvelle ligne à 735 kV allait varier considérablement, passant de 15 m à 80 m (80 m est la norme pour une ligne à 735 kV) le long de ce corridor.

Les variations en longueur et en largeur des emprises supplémentaires ont modifié la première opinion qui était défavorable au corridor Centre. L'emprise de ce corridor allait toucher une superficie deux fois plus petite que celle du corridor Ouest et trois fois plus petite que celle du corridor Est. L'enlèvement d'environ 500 supports allait réduire, pour les agriculteurs, l'encombrement du corridor de transport d'énergie électrique. La qualité du paysage allait donc en bénéficier.

Hydro-Québec a donc retenu le corridor Centre. Le critère de regroupement des lignes de transport d'énergie électrique dans un même corridor énergétique prime dans cette décision. La justification de ce choix est fonction du démantèlement proposé.

En ce qui a trait au choix de l'aire d'accueil, l'option favorisée est celle de Brompton Canton, pour les raisons suivantes :

- elle permet une liaison en dehors des agglomérations urbaines actuelles et futures, dans un milieu boisé, en touchant peu l'agriculture;
- les possibilités d'intégration au réseau Nicolet-Sherbrooke à 230 kV sont excellentes;
- c'est la meilleure option pour la liaison avec le futur poste Appalaches;
- c'est la meilleure en ce qui concerne la longueur des lignes à construire et, par conséquent, c'est la solution la plus économique.



Carte 4 : Corridors et aires d'accueil

Aire d'accueil Brompton Canton
- Contraintes et résistances :
- Espaces aériens
  - Diagramme de rayonnement de (0) 1000 et de (0 1200 M/mN.A.
  - Aire de dégagement (aéroport)
  - Surface horizontale (aéroport)
  - Autre tour de communication
- Espaces terrestres
  - 1800 Altitude supérieure à 1800 pieds

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, Dossier cartographique, avril 1983.

Ces analyses comparatives ayant conclu que l'on doit installer la ligne à 735 kV en grande partie à la place de lignes existantes, le promoteur a conclu que l'inventaire à l'échelle de 1: 20 000 n'a pas servi à réduire l'espace ou à choisir un tracé de ligne. Il n'a rempli ce rôle que pour le choix d'un emplacement du poste à l'intérieur de l'aire d'accueil Brompton Canton. D'ailleurs, la largeur des corridors, ayant été fixée de 1 à 3 km, "implique qu'il est impossible, selon Hydro-Québec, d'y localiser des tracés substantiellement différents sur le plan des milieux traversés".[7]

Choix de l'exemple d'application

Dans le rapport d'études d'avant-projet, une première évaluation des milieux pouvant recevoir par la ligne de transport d'énergie a été réalisée par la hiérarchisation des districts écologiques. Par la suite, une deuxième évaluation du même genre a été effectuée, à une échelle plus petite, par la hiérarchisation des unités d'environnement. En troisième lieu, on a évalué les trois corridors proposés. La même procédure a été appliquée pour le choix de l'aire d'accueil. Quant aux impacts potentiels reliés à l'implantation de la ligne de transport d'énergie, ils n'interviennent qu'à la toute fin du rapport lorsqu'est venu le temps de proposer des mesures d'insertion du projet.

Toutes ces étapes pourraient faire l'objet d'une modélisation par le modèle ELECTRE. Cependant, comme le choix du tracé final fut déterminé essentiellement en fonction d'une méthode de localisation, procédant de l'inventaire des composantes des milieux humain et naturel (définis en termes de résistances et d'enjeux environnementaux) susceptibles d'être affectés par l'implantation du projet, il nous apparaît plus profitable d'effectuer notre exemple d'application sur la hiérarchisation des districts écologiques. D'autres raisons viennent motiver ce choix. D'abord, à la lecture du rapport de la Commission d'environnement qui s'est penchée sur ce projet, il est apparu évident que la méthode ayant servi à ranger les districts écologiques n'a pas été comprise par le public. En effet, il est souvent difficile d'identifier, dans les rapports sur les études d'avant-projet, les facteurs permettant de différencier un enjeu environnemental majeur d'un enjeu important. Pourtant, le dossier de référence précise bien (Annexe III, page 6) que les indicateurs permettent de différencier, selon une méthode concrète, les districts à enjeux environnementaux majeurs, importants ou faibles.

Ces critiques, du public et de la Commission d'environnement, remettent ainsi en cause la cohérence même du système de comparaison utilisé par le promoteur pour la hiérarchisation des districts écologiques. Cette étape dans le cheminement de l'étude d'impact fut quand même importante car elle a servi à exclure quelques districts à enjeux majeurs de manière à délimiter un nouveau cadre spatial dans lequel ont été élaborées des variantes de corridors pouvant accueillir une ligne de transport d'énergie électrique.

Voici donc un cas précis où l'emploi d'une méthode formelle, en l'occurrence la méthode ELECTRE III, pourrait s'avérer éclairante. Le type de problème multicritère auquel on cherche à répondre est l'établissement d'un rangement (ou, en d'autres termes, une hiérarchisation) d'un ensemble "d'objets", les objets étant ici les districts écologiques. L'ensemble choisi sera une des huit régions écologiques (nous expliquerons dans les pages suivantes la raison de cette simplification).

Ainsi, en fonction des paramètres et des devis d'étude d'impact, nous nous efforcerons de reproduire le même rangement que celui d'Hydro-Québec, mais cette fois-ci à l'aide de la méthode ELECTRE. Ceci dans le but de :

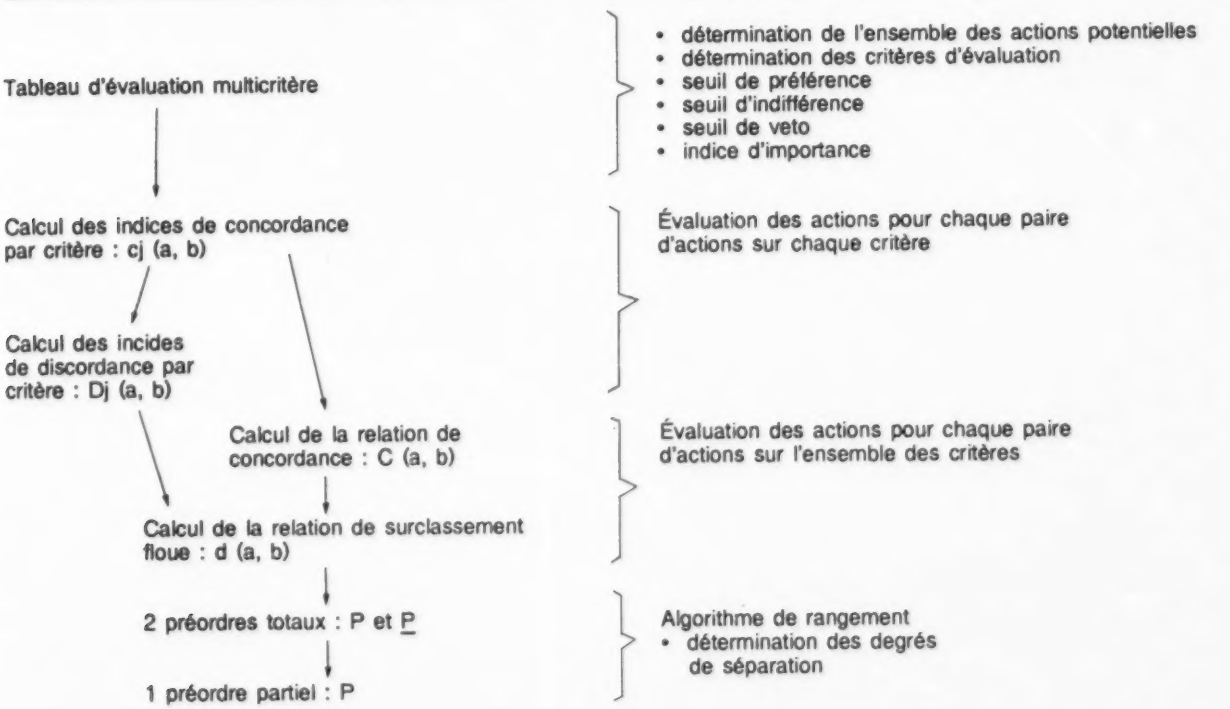
- tester la souplesse d'adaptation de la méthode; et de
- voir si tous les paramètres de la hiérarchisation ont bien été définis dans l'étude d'impact.

---

[7] BAPE, Rapport d'enquête et d'audience publique, Poste des Canton Lignes Nicolet-Des-Canton et des Canton-Nouvelle-Angleterre, 1983, p. 4-13.

4. EXEMPLE D'APPLICATION DU MODÈLE ELECTRE III

Le graphique suivant illustre les étapes de la méthode ELECTRE III. Pour les fins de ce travail, un programme informatique a été écrit (en FORTRAN) pour permettre le traitement rapide des données. Les algorithmes de ce programme suivent les étapes de la méthode, définies comme suit :



De même, la mise en forme du problème de rangement des districts écologiques suivra les étapes illustrées par le graphique.

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination de l'ensemble des actions potentielles

Selon les préférences exprimées par le promoteur du projet, chaque région écologique forme un ensemble distinct. Cette préférence tient essentiellement au fait que, du point de vue agricole, le pourcentage de la superficie en culture et des sols de classe 1, 2, 3[8] est comparé à la moyenne de la région écologique et non à l'ensemble de la zone d'étude. Aucune autre mention semblable ne touche les autres critères d'évaluation. Les régions écologiques n'ayant pas toutes les mêmes caractéristiques, le rangement ne se fera donc pas en comparant les 74 districts écologiques entre eux. Il y aura plutôt un rangement par région écologique, donc huit rangements potentiels reposant sur des considérations différentes. Pour la méthode ELECTRE III, l'ensemble des actions potentielles se composera donc des districts écologiques d'une des huit régions écologiques. Pour ce travail, l'exemple d'application de la méthode ELECTRE utilisera les données de la région écologique du

[8] Classe des sols établie selon l'inventaire des terres du Canada (I.T.C.) et du Québec.

Bas-Plateau appalachien (Tableau 14 de l'étude d'impact)[9]. (Voir Tableau 1 et Carte 5 aux pages 40, 41 et 42).

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination des critères d'évaluation

Dans son étude d'impact, Hydro-Québec a retenu essentiellement cinq éléments des milieux naturel et humain pour appuyer le rangement des districts écologiques, soit :

- le pourcentage de la superficie cultivée;
- le pourcentage de la superficie des sols de catégories 1, 2 et 3;
- le pourcentage de la superficie boisée;
- le nombre de chalets; et
- le type de paysage défini sur trois paliers :
  - paysage reconnu
  - paysage de qualité
  - aucun.

Il y a donc quatre critères quantitatifs et un critère qualitatif.

Parmi ces descripteurs, le promoteur a encadré, dans le tableau des données brutes, les évaluations qui justifiaient l'attribution d'un enjeu majeur ou important aux districts écologiques. Nous utiliserons donc ces valeurs pour déterminer les évaluations qui auront une influence réelle sur le rangement des districts écologiques. Si l'on se reporte au Tableau 1, qui reproduit le tableau des données de l'étude d'impact, on remarque que :

- pour les superficies en culture, les pourcentages encadrés sont tous supérieurs à 40;
- pour les superficies de sols de catégorie 1, 2 et 3, seuls les pourcentages supérieurs à 26 ont été encadrés;
- aucune valeur n'est encadré en ce qui concerne la superficie boisée;
- pour le nombre de chalets, seuls les chiffres supérieurs à 162 sont encadrés;
- enfin, seuls les paysages reconnus ou les paysages de qualité sont encadrés.

Ces considérations auront plusieurs conséquences dans la définition des paramètres de la méthode ELECTRE III. Premièrement, la superficie boisée n'aura aucune influence sur le rangement des districts écologiques. Ce descripteur pourrait donc être éliminé de l'ensemble des critères d'évaluation, mais il sera conservé. On expliquera ultérieurement comment, à l'aide des indices d'importance, nous pouvons respecter cette préférence émise par le promoteur. Deuxièmement, en ce qui concerne les autres descripteurs, seules les évaluations qui ont été encadrées auront une influence sur le rangement. Dans l'exemple d'application de la méthode ELECTRE III, le tableau des données de l'étude d'impact sera donc modifié pour respecter ces exigences. Ainsi, toutes les valeurs inférieures à celles qui sont encadrées seront réduites à zéro, tandis que les évaluations encadrées seront conservées telles quelles; cependant, les évaluations du pourcentage de superficie boisée seront toutes conservées telles quelles. Si l'on se reporte au Tableau 2 de la page 47, on s'aperçoit tout de suite que le rangement s'appuie en fait sur très peu d'évaluations, compte tenu du fait que les évaluations de la superficie boisée n'auront pas de poids dans la problématique de rangement des districts écologiques.

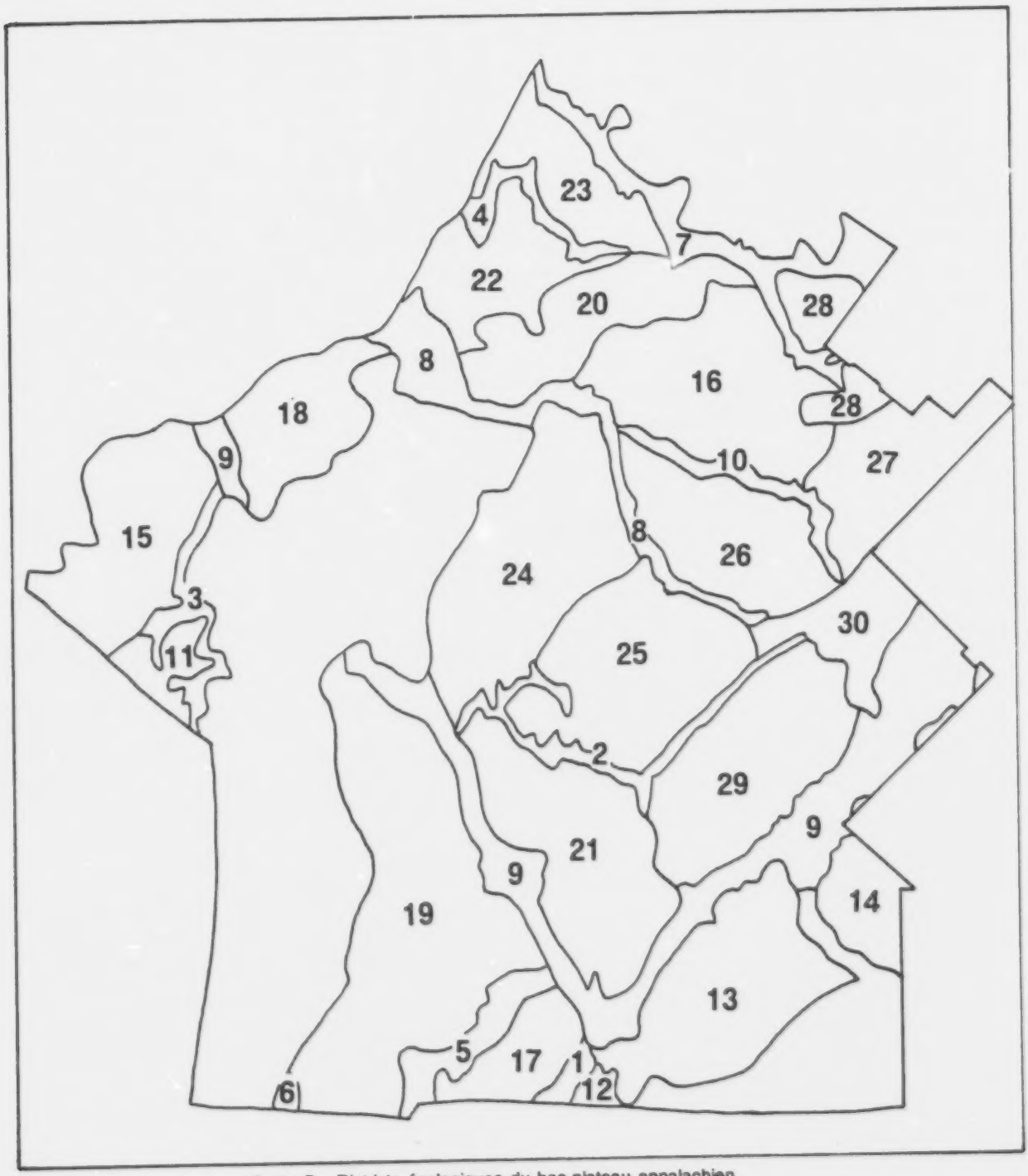
[9] Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, p. 73.

Tableau 1. Région écologique : bas-plateau appalachien

OPTIONS	RÉGION/ DISTRICTS/ PRINCIPALES MUNICIPALITÉS (1)	CRITÈRES FACTUELS				CRITÈRES QUALITATIFS		
		Espaces agricoles		Espaces forestiers	Villégiature			
		Superficie cultivée (%)	Superficie sols 1,2,3 (%)	Superficie boisée (%)	Nombre de chalets	Paysages reconnus, de qualité	Vocation du district écologique	Enjeux d'environnement du district écologique
	LE BAS PLATEAU APPALACHIEN	31	14	53	3504			
1.	VALLÉE DU MASSAWIPPI . Hatley . Ascot	7	26	30	473	Paysage reconnu	Villégiature et récréation	Majeurs
2.	VALLÉE DE LA STOKE . Stoke . Windsor	18	23	72	98	Aucun	Forestier	Faibles
3.	VALLÉE DE LA ULVERTON . Durham South	28	3	59	14	Aucun	Agro-forestier	Faibles
4.	VALLÉE SUPÉRIEURE DES PINS . Chénier . Warwick	33	13	53	10	Aucun	Agro-forestier	Faibles
5.	VALLÉE DE LA MAGOG . Sherbrooke . Magog	8	3	31	640	Paysage reconnu	Villégiature et récréation	Majeurs

6. VALLÉE DU MEMPHRÉMAGOG NORD . Orford	23	0	32	84	Paysage reconnu	Villégiature et récréation	Importants
7. VALLÉE SUPÉRIEURE DE LA NICOLET . Ham North	42	3	38	167	Paysage de qualité	Villégiature et récréation	Importants
8. VALLÉE SUPÉRIEURE DE LA NICOLET S.-O. . Asbestos	24	19	66	542	Aucun	Villégiature et récréation	Importants
9. VALLÉE SUPÉRIEURE DE LA SAINT-FRANÇOIS . Sherbrooke . East Angus	21	13	56	302	Paysage de qualité	Villégiature et récréation	Importants
10. VALLÉE DE LA NICOLET - CENTRE	43	0	45	0	Aucun	Agro-forestier	Faibles
11. PLATEAU D'ALTON DURHAM	30	0	56	8	Aucun	Agro-forestier	Faibles
12. PLATEAU D'ASCOT-COMPTON	40	51	51	2	Aucun	Agro-forestier	Importants
13. PLATEAU D'ASCOT-EATON . Ascot	34	16	51	55	Aucun	Agro-forestier	Faibles
14. PLATEAU DE BERRY WESTBURY . Bury	23	16	71	33	Aucun	Forestier	Faibles
15. PLATEAU DURHAM . Durham South . L'Avenir	52	26	32	67	Aucun	Agricole	Importants
16. PLATEAU DE HAM . Saint-Adrien . Wotton	21	2	65	58	Aucun		Faibles
17. PLATEAU DE HATLEY-ASCOT . Sherbrooke . Ascot	25	17	55	162	Paysage de qualité	Agro-forestier et villégiature	Importants
18. PLATEAU DE KINGSEY . Kingsey	59	28	32	27	Aucun	Agricole	Importants
19. PLATEAU DE RICHMOND-SHERBROOKE . Sherbrooke . Magog	26	17	51	354	Paysage de qualité	Villégiature	Importants
20. PLATEAU DE SAINT-RÉMI DE TINGWICK . Saint-Rémi de Tingwick	30	6	48	23	Aucun	Agro-forestier	Faibles
21. PLATEAU DE STOKE-ASCOT . Sherbrooke . Stoke . Bromont	31	14	54	30	Aucun	Agro-forestier	Faibles
22. PLATEAU DE TINGWICK . Chénier	58	18	37	24	Aucun	Agricole	Importants
23. PLATEAU DE TINGWICK/ ARTHABASKA . Chénier . Warwick	60	3	30	20	Aucun	Agricole	Importants
24. PLATEAU DE WINDSOR . Asbestos . Windsor	50	28	41	230	Aucun	Agricole	Importants
25. PLATEAU DE WINDSOR/STOKE . Stoke . Windsor	19	25	80	50	Aucun	Forestier	Faibles
26. PLATEAU DE WOTTON-SAINT-CAMILLE . Wottonville . Saint-Camille	56	17	36	2	Aucun	Agricole	Importants
27. PLATEAU DE WEEDON GARTHBY . Saint-Joseph de Garthby	10	0	82	0	Aucun	Forestier	Faibles
28. PLATEAU DE WOLFESTOWN . Ham North	6	0	84	-	Aucun	Forestier	Faibles
29. MONTS DE STOKES . Ascot Corner . Stoke	8	3	90	25	Paysage reconnu	Récréation	Majeurs
30. MONTS DE STOKE, SECTION WEEDON DUDSWELL . Malbestos . Dudswell	22	3	69	-	Aucun	Forestier	Faibles

À titre indicatif, pour aider le lecteur à situer le district écologique.
Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, p. 73.



Carte 5 : Districts écologiques du bas-plateau appalachien

Source : Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet : Dossier cartographique, avril 1983.

Tableau 2. Matrices des données modifiées

DISTRICTS ÉCOLOGIQUES	CRITÈRES D'ÉVALUATION				
options (numéro)	superficie cultivée (%)	superficie des sols 1,2,3 (%)	superficie boisée (%)	nombre de chalets	paysage
1.	.0	26.0	30.0	473.0	4.0
2.	.0	.0	72.0	.0	.0
3.	.0	.0	59.0	.0	.0
4.	.0	.0	53.0	.0	.0
5.	.0	.0	31.0	640.0	4.0
6.	.0	.0	32.0	.0	4.0
7.	42.0	.0	38.0	167.0	2.0
8.	.0	.0	66.0	542.0	.0
9.	.0	.0	56.0	302.0	2.0
10.	43.0	.0	45.0	.0	.0
11.	.0	.0	56.0	.0	.0
12.	40.0	51.0	51.0	.0	.0
13.	.0	.0	51.0	.0	.0
14.	.0	.0	71.0	.0	.0
15.	52.0	26.0	32.0	.0	.0
16.	.0	.0	65.0	.0	.0
17.	.0	.0	55.0	162.0	2.0
18.	59.0	28.0	32.0	.0	.0
19.	.0	.0	51.0	354.0	2.0
20.	.0	.0	48.0	.0	.0
21.	.0	.0	54.0	.0	.0
22.	58.0	.0	37.0	.0	.0
23.	60.0	.0	30.0	.0	.0
24.	50.0	28.0	41.0	230.0	.0
25.	.0	.0	80.0	.0	.0
26.	56.0	.0	36.0	.0	.0
27.	.0	.0	82.0	.0	.0
28.	.0	.0	84.0	.0	.0
29.	.0	.0	90.0	.0	4.0
30.	.0	.0	69.0	.0	.0

Tableau d'évaluation multicritère : Détermination des indices d'importance

Les indices d'importance seront le reflet de la pondération des critères d'évaluation exprimée dans l'étude d'impact. Cette pondération distingue trois types d'enjeux, soit :

- les enjeux majeurs qui correspondent à des espaces protégés par des lois ou à des espaces hautement valorisés par la population locale ou régionale;
- les enjeux importants qui correspondent :
  - du point de vue agricole, à des espaces dont la superficie en culture ou dont le pourcentage des terres de classe 1, 2 et 3 dépasse nettement la moyenne de la région écologique;
  - à des espaces très valorisés par la population pour la villégiature et les loisirs (confirmé par le nombre de chalets); et
  - à des espaces dont le paysage est considéré de bonne qualité.
- les enjeux faibles sont des espaces ne répondant à aucun des critères des enjeux majeurs ou importants.[10]

En fait, dans cet exemple d'application de la méthode ELECTRE III, les indices d'importance auront un rôle prépondérant dans le rangement des districts écologiques : la mise en forme de la problématique de rangement reflétant les préoccupations d'Hydro-Québec. Il s'agira donc d'introduire ces échelles de valeur dans les algorithmes de la méthode ELECTRE III.

En bref, seul le critère "type de paysage" entrera en ligne de compte pour la détermination d'un enjeu majeur; un enjeu majeur correspondra donc aux districts écologiques possédant un paysage reconnu. Pour les enjeux importants, quatre critères peuvent intervenir, soit :

- la superficie en culture;
- la superficie des sols de classe 1, 2 et 3;
- le nombre de chalets; et
- les paysages de qualité.

Ces quatre critères sont jugés d'importance équivalence. La superficie boisée n'est pas prise en considération. Il reste donc quatre critères d'évaluation servant de base au rangement. Comme le total des indices d'importance doit égaler 1, voici la distribution des poids sur les critères :

Critères	Indices d'importance		
Types de paysage paysage reconnu = 4 paysage de qualité = 2 aucun = 0	Si a ou b = 4 poids = 0.57	Si a et b < 4 et a ou b = 2 poids = 0.14	Si a et b = 0 poids = 0.0
Superficie en culture	Si a ou b > 0 poids = 0.14	Si a et b = 0 poids = 0.0	
Superficie des sols de classe 1,2,3	" = 0.14	" = 0.0	
Nombre de chalets	" = 0.14	" = 0.0	
Superficie boisée	toujours égale à 0.01		

Bref, le critère "superficie boisée" aura toujours un poids égal à 0.01. Le critère "type de paysage" aura trois indices d'importance, dépendamment des valeurs des deux districts écologiques mis en comparaison sur ce critère, etc. Le principe général des indices d'importance est donc le suivant : un poids égal ou supérieur à 0.57 correspondra à un enjeu majeur[11] et un poids inférieur à 0.57 et supérieur ou égal à 0.14 correspondra à un enjeu important. Les poids inférieurs à 0.14 seront considérés comme des enjeux faibles.

[10] Hydro-Québec, Rapport sur les études d'avant-projet, avril 1983, pp. 61-62.

[11] En effet, même si un district écologique compte 4 critères correspondant à un enjeu important, il aura alors un poids égal à 0.56. Cependant, si l'on ajoute à cela le poids du critère "superficie boisée", le district aura un poids égal à 0.57 correspondant à un enjeu majeur. Donc, même avec un poids de 0.01, le critère "superficie boisée" peut avoir un rôle important. Cette possibilité a été volontairement incluse par le modélisateur, de manière à démontrer les possibilités des indices d'importance dans la problématique de rangement. Cependant, le cas ne se présentera pas dans cet exemple d'application de la méthode ELECTRE III sur la région écologique du bas-plateau appalachien.

Tableau d'évaluation multicritères : Détermination des seuils pour chacun des critères

Aucune mention dans l'étude d'impact ne s'approche des concepts de préférence stricte, d'indifférence ou de veto tels que l'entend la méthode ELECTRE. Cependant, par suite des considérations déjà formulées, on peut déduire sans trop de risque que, pour chacun des critères, toutes les évaluations qui ont été encadrées sont strictement préférées à celles qui ne le sont pas. Mentionnons ici que la modification des données permettra d'établir une préférence stricte entre les évaluations qui ont été encadrées et celles qui ne le sont pas. De même, des valeurs très élevées ont été données aux seuils de veto de manière que ceux-ci n'aient aucune influence sur les calculs des degrés de crédibilité accordés aux surclassements. Ainsi, pour les trois premiers critères, à savoir les pourcentages de superficie cultivée, de superficie des sols 1, 2, 3 et de superficie boisée :

- les seuils de veto égalent 10 000;
- les seuils de préférence stricte égalent 10.0; et
- les seuils d'indifférence égalent 5.0.

Pour le nombre de chalets :

- le seuil de veto égale 30 000;
- le seuil de préférence stricte égale 100.0; et
- le seuil d'indifférence égale 50.0.

Pour les types de paysages :

- le seuil de veto égale 100.0;
- le seuil de préférence stricte égale 2.0; et
- le seuil d'indifférence égale 1.0.

De cette façon, les préférences exprimées dans l'étude d'impact seront respectées mais, de plus, les différents seuils de préférence stricte et d'indifférence permettront un rangement plus détaillé des districts appartenant à la même classe d'enjeux environnementaux. Rappelons que la mise en forme du tableau d'évaluation multicritère a pour but de reproduire, dans la mesure du possible, les préférences exprimées dans l'étude d'impact de manière à tester les paramètres d'application du modèle ELECTRE III.

Calcul des indices de concordance : cj (a, b)

Supposons que nous examinons le cas de la paire "a vers b", l'indice de concordance du critère j égalera :

$$cj\ (a,b) = \frac{pj\ (a) - \text{Min}\ [bj - aj,\ pj\ (a)]^{12}}{pj\ (a) - \text{Min}\ [bj - aj,\ qj\ (a)]}$$

Pour le calcul de la concordance de la paire "b vers a", on remplace les valeurs de l'option a par celles de b et vice versa. À titre d'exemple, prenons le cas du district écologique "vallée supérieure de la Nicolet (option 7) vers le district écologique "vallée supérieure de la Nicolet-S.-O." (option 8). Les évaluations de ces deux districts écologiques d'après les 5 critères sont reproduites ici :

Critères	1	2	3	4	5
Options					
7	42.0	.0	38.0	167.0	2.0
8	.0	.0	66.0	542.0	.0

La concordance de 7 vers 8 pour le premier critère égalera :

$$c_1(7,8) = \frac{10 - \text{Min}\ (0\text{-}42,\ 10)}{10 - \text{Min}\ (0\text{-}42,\ 5)} = \frac{10 - (-42)}{10 - (-42)} = 1.0$$

La concordance de 7 vers 8 pour les autres critères égalera :

$$c_2(7,8) = \frac{10 - \text{Min}\ (0\text{-}0,\ 10)}{10 - \text{Min}\ (0\text{-}0,\ 10)} = \frac{10 - 0}{10 - 0} = 1.0$$

$$c_3(7,8) = \frac{10 - \text{Min}\ (66\text{-}38,\ 10)}{10 - \text{Min}\ (66\text{-}38,\ 10)} = \frac{10 - 10}{10 - 5} = 0.0$$

$$c_4(7,8) = \frac{100 - \text{Min}\ (542\text{-}167,\ 100)}{100 - \text{Min}\ (542\text{-}167,\ 50)} = \frac{100 - 100}{100 - 50} = 0.0$$

$$c_5(7,8) = \frac{2 - \text{Min}\ (0\text{-}2,\ 2)}{2 - \text{Min}\ (0\text{-}2,\ 1)} = \frac{2 - (-2)}{2 - (-2)} = 1.0$$

Pour la concordance de 8 vers 7, on reprend les mêmes données et on procède aux mêmes calculs, mais selon le point de vue inverse. Ainsi :

$$c_1(8,7) = \frac{10 - \text{Min}\ (42\text{-}0,\ 10)}{10 - \text{Min}\ (42\text{-}0,\ 5)} = \frac{10 - 10}{10 - 5} = 0.0$$

$$c_2(8,7) = \frac{10 - \text{Min}\ (0\text{-}0,\ 10)}{10 - \text{Min}\ (0\text{-}0,\ 5)} = \frac{10 - 0}{10 - 0} = 1.0$$

$$c_3(8,7) = \frac{10 - \text{Min}\ (38\text{-}66,\ 10)}{10 - \text{Min}\ (38\text{-}66,\ 10)} = \frac{10 - (-28)}{10 - (-28)} = 1.0$$

---

[12] aj égale l'évaluation de l'option a d'après le critère j
pj (a) est le seuil de préférence stricte associé à l'option a d'après le critère j
qj (a) est le seuil d'indifférence associé à l'option a d'après le critère j
Même chose pour b

$$c_4(8,7) = \frac{100 - \text{Min}\,(167\text{-}542,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(167\text{-}542\ \ 50)} = \frac{100 - (-375)}{100 - (-375)} = 0.0$$

$$c_5(8,7) = \frac{2 - \text{Min}\,(2\text{-}0,\ 2)}{2 - \text{Min}\,(2\text{-}0,\ 1)} = \frac{2 - 2}{2 - 1} = 1.0$$

En résumé :

$c_1(7,8) = 1.0$ et $c_1(8,7) = 0.0$
$c_2(7,8) = 1.0$ et $c_2(8,7) = 1.0$
$c_3(7,8) = 0.0$ et $c_3(8,7) = 1.0$
$c_4(7,8) = 0.0$ et $c_4(8,7) = 1.0$
$c_5(7,8) = 1.0$ et $c_5(8,7) = 0.0$

Lorsque cj (7,8) = 1.0 et que cj (8,7) = 0.0, on est en situation de préférence stricte de l'option 7 par rapport à l'option 8. Lorsque cj (7,8) et cj (8,7) = 1.0, on est en situation d'indifférence pour le critère. Il reste une situation qui n'a pas été relevée : celle de préférence faible. Pour illustrer cette situation, prenons le cas de l'option 1 vers l'option 8 d'après le critère 4 (nombre de chalets):

$$c_4(1,8) = \frac{100 - \text{Min}\,(542\text{-}473,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(542\text{-}473,\ \ 50)} = \frac{100 - 69}{100 - 50} = 0.62$$

$$c_4(8,1) = \frac{100 - \text{Min}\,(473\text{-}542,\ 100)}{100 - \text{Min}\,(473\text{-}542,\ \ 50)} = \frac{100 - (-69)}{100 - (-69)} = 1.0$$

Comme c_4 (1,8) = 0.62 et c_4 (8,1) = 1.0, l'option 8 est donc strictement préférée à l'option 1, tandis que l'option 1 est, quant à elle, faiblement préférée à l'option 8 d'après le critère 4.

Calcul des indices de discordance par critère

L'évaluation d'une option **a** d'après un critère **j** sera en discordance avec l'hypothèse "**a** surclasse **b**", si la concordance de **a** vers **b** pour ce même critère égale 0, c'est-à-dire si cj (a,b) = 0.0. La discordance sera d'autant plus forte que la différence entre les évaluations de **a** et de **b** sera forte pour le critère en question et ce, jusqu'à concurrence d'une valeur **V** (noté seuil de veto) à partir de laquelle il apparaîtra prudent de refuser toute crédibilité au surclassement de **b** par **a**.

En pratique, l'indice cj (a,b) égalera 0 du moment que la différence de l'évaluation de **b** moins l'évaluation de **a** d'après le critère **j** sera supérieure ou égale au seuil de préférence stricte de l'option **a** d'après le critère **j**. Donc, dès qu'un des indices cj (a,b) égalera 0, on cherchera à calculer l'importance de la discordance. Si la différence entre les deux évaluations est supérieure ou égale au seuil de veto, alors la discordance Dj (a,b) = 1. Si cette même différence est égale au seuil de préférence stricte de **a** : Dj (a,b) = 0. Entre ces deux valeurs, Bernard Roy suggère de calculer l'indice par une formule d'interpolation linéaire[13] :

$$Dj(a,b) = \text{Min}\left[1,\ \text{Max}\ 0,\ \frac{bj - (aj - pj\ (a))}{vj\ (a) - pj\ (a)}\right]^{14}$$

De cette manière, on est en mesure d'apprécier l'importance relative de la discordance.

Le programme informatisé a été élaboré en fonction de cet algorithme et calculera automatiquement l'indice de discordance chaque fois qu'un cj (a,b) égalera zéro. Répétons ici que les valeurs très élevées relativement aux évaluations ont été définies comme seuil de veto pour respecter la problématique de rangement des districts écologiques. Ainsi, comme c_3 (7,8) égale zéro, le programme calculera l'importance de la discordance :

$$D_3(7,8) = \text{Min}\left[1,\ \text{Max}\ 0,\ \frac{66 - (38 - 10)}{10{,}000 - 10}\right]$$

$D_3(7,8) = 0.0038$

Une discordance aussi faible est, à toute fin pratique, nulle. Elle n'aura, par conséquent, aucune influence réelle dans les calculs de la relation de surclassement.[15]

Calcul de la relation de concordance : C (a,b)

En fonction des cj (a,b) d'une paire d'options pour tous les critères, on calcule la relation de concordance en faisant la sommation des cj (a,b) multipliés par l'indice d'importance du critère correspondant :

$$C(a,b) = \sum_{j\ F} pdj\ x\ cj(a,b)^{16}$$

Ainsi, pour les deux paires d'options (7,8) et (8,7), la concordance égalera :

C(7,8) = (.14x1.0) + (0x1.0) + (0.1x0) + (.14x0) + (1.4x1) = 0.28

C(8,7) = (.14x0) + (0x1.0) + (0.1x1) + (.14x1) + (.14x0) = 0.15

La paire d'options (7,8) a donc une concordance pour tous les critères plus forte que la paire (8,7) et ce, à cause des indices d'importance.

---

[13] Ici, un autre mode de calcul pourrait être utilisé sans toutefois changer les principes de base d'ELECTRE III.

[14] Vj (a) est le seuil de veto associé à l'option **a** sur le critère **j**.

[15] Cet exemple est applicable à tous les autres cas de la modélisation.

[16] pdj : le poids (ou l'indice d'importance) associé au critère **j**.
F : l'ensemble F des critères d'évaluation.

Calcul de la relation de surclassement floue :[17] d (a,b)

Selon les algorithmes de la méthode ELECTRE III, si c (a,b) = 1, cela implique nécessairement que tous les cj (a,b) égalent 1 et que tous les Dj (a,b) égalent 0. Dans ces conditions, il est normal de poser que le degré de crédibilité d $(a,b)_2$ est égal à la concordance C (a,b).

S'il existe des cas où cj (a,b) = 0 et où le Dj (a,b) ≠ 0, alors le poids du critère ne contribue plus à la somme de C (a,b). De plus, le critère en discordance peut affecter l'indice de concordance. Si la discordance est faible comparativement à la concordance, ce dernier continue à bien refléter la crédibilité du surclassement. On posera donc que d (a,b) = C (a,b).

Cependant, la méthode ELECTRE III tient compte du cas où certains critères reflètent une discordance significative comparativement à la concordance : par exemple, les cas où un des Dj (a,b) est supérieur à C (a,b).

Supposons tout d'abord qu'un seul des critères est en discordance significative avec le surclassement. Si le Dj (a,b) de ce critère est égal à 1, il s'agit d'un critère dont la discordance est tellement forte qu'elle annule la relation de surclassement sur tous les autres critères : donc le d (a,b) = 0. Si le Dj (a,b) est inférieur à 1 et supérieur à la concordance C (a,b), alors le

$$d(a,b) = C(a,b) \times \left(\frac{1 - Dj(a,b)}{1 - C(a,b)} \right)^{18}$$

Lorsqu'il existe plusieurs critères dont le Dj (a,b) est inférieur à 1 et supérieur au C (a,b), alors le degré de crédibilité est calculé de la manière suivante :

$$d(a,b) = c(a,b) \times \sqrt[D(a,b)]{\frac{1 - Dj(a,b)}{1 - C(a,b)}}^{19}$$

Dans cet exemple d'application du modèle ELECTRE III, le degré de crédibilité de la relation de surclassement correspondra à la relation de concordance vu qu'il n'y aura aucune discordance assez forte pour affecter les calculs de la crédibilité du surclassement. Le Tableau 3 (voir page suivante) donne les résultats des degrés de crédibilité sur toutes les options. Les paires d'options (7,8) et (8,7) qui ont déjà été calculées ont été encadrées pour familiariser le lecteur à la lecture de cette matrice.

---

[17] Relation de surclassement floue et degré de crédiblité peuvent être considérés comme des synonymes.

[18] Si l'on admet une fois de plus une décroissance linéaire.

[19] D (a,b) : l'ensemble des Dj (a,b) en discordance significative pour la paire (a,b).

OPTIONS vers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OPTIONS 1		.01	.01	.01	.72	.58	.15	.15	.01	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.01	.15	.15	.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
2	.85		.00	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
3	.85	.01		.01	.71	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.28	.00	.01	.28	.01	.29	.28	.28	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
4	.85	.01	.01		.71	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
5	.72	.01	.01	.01		.58	.15	.02	.01	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.01	.01	.15	.15	.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
6	.86	.01	.01	.01	.72		.29	.15	.15	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.15	.29	.15	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
7	.42	.01	.01	.01	.29	.15		.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.14	.43	.01	.15	.01	.01	.15	.01
8	.80	.01	.01	.00	.71	.57	.28		.14	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
9	.42	.01	.01	.01	.28	.14	.28	.15		.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.36	.01	.14	.01	.01	.15	.01
10	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.43	.15	.29		.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
11	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.14		.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
12	.71	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.15	.01		.01	.01	.14	.01	.29	.14	.29	.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
13	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29		.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
14	.85	.01	.00	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00		.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
15	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.04	.01	.15	.01	.01		.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
16	.85	.01	.01	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28		.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
17	.42	.01	.01	.01	.28	.14	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01		.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.15	.01
18	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.23	.01	.29		.29	.01	.01	.15	.15	.32	.01	.15	.01	.01	.58	.01
19	.42	.01	.01	.01	.28	.14	.28	.15	.28	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28		.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.15	.01
20	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29		.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
21	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01		.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
22	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.26	.01	.29	.29	.29	.01	.01		.15	.35	.01	.15	.01	.01	.58	.01
23	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.21	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15		.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
24	.85	.01	.01	.01	.71	.57	.31	.15	.29	.09	.01	.15	.01	.01	.28	.01	.24	.28	.29	.01	.01	.15	.14		.01	.15	.01	.01	.58	.01
25	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42		.14	.01	.01	.58	.00
26	.86	.01	.01	.01	.72	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.40	.01		.01	.01	.58	.01
27	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14		.01	.58	.00
28	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01		.58	.00
29	.85	.00	.00	.00	.71	.57	.28	.14	.14	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.42	.00	.14	.00	.01		.00
30	.85	.01	.00	.00	.71	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	

Tableau 3. Matrice des degrés de crédibilité

Les algorithmes de classement

Il s'agit ici, selon la terminologie de Bernard Roy, de tirer parti de l'information contenue dans les évaluations disponibles sur les options, de manière à départager et à ranger en classes d'équivalence tout ou partie des éléments de l'ensemble **A** des actions potentielles : l'objectif étant l'élaboration d'un rangement exprimant en des termes plus ou moins nuancés les positions relatives de telles classes. Lorsqu'un tel rangement est conçu pour aider une personne ou un groupe, il doit refléter la supériorité, l'importance, les priorités que les décideurs, compte tenu de leur propre système de valeur, attachent normalement aux diverses actions potentielles. C'est dans cette optique qu'a été élaborée la modélisation des districts écologiques.

Le rangement cherchera donc à assigner un rang de classement à chacune des options de l'ensemble **A** des actions potentielles. Deux options auront le même rang si les données ne permettent pas de les départager. Des classes d'équivalence seront ainsi formées en fonction des rangs de classement des options.

Il y a cependant un danger. En restreignant l'objectif à la mise en évidence d'un rangement complet de l'ensemble **A** des actions potentielles, on s'expose à aboutir à un tel rangement même si les données n'en justifient aucun. En effet, un ensemble de données peut souvent être incomplet ou conflictuel. Dans le but de mettre en évidence ces impondérables qui peuvent être subtilement cachés dans une matrice de données, le modèle ELECTRE III (tout comme ELECTRE II) procède en deux temps pour établir un rangement à partir des surclassements et permettre de préciser ou, le cas échéant, d'infirmer la présence d'un rangement sur l'ensemble des options. Ces deux étapes se résument à :

- la construction de deux préordres complets conformément à la relation de surclassement, mais fondée sur des considérations opposées;
- la comparaison des deux préordres obtenus et l'élaboration d'un rangement final.

Le rangement final découle de l'intersection des deux préordres complets. Les points communs entre les deux préordres seront ainsi considérés comme un rangement fiable, basé sur les données disponibles. À la limite, les deux préordres complets pourraient être identiques.

Principes de l'algorithme de classement

Soit "**a**", un district écologique, p (a) représentant la puissance de **a** dans l'ensemble des districts écologiques, c'est-à-dire le nombre des districts auxquels **a** est strictement préféré, et f (a) représentant la faiblesse de **a** dans l'ensemble des districts écologiques, c'est-à-dire le nombre des districts qui lui sont strictement préférés. La quantité :

$$q(a) = p(a) - f(a)$$

apparaît comme un indicateur dont la valeur caractérise la position de "**a**" dans un préordre. Cette valeur, que nous appellerons qualification de **a**, est constante pour tous les éléments d'une même classe.

ELECTRE III est fondée sur une généralisation de cette notion de qualification. La qualification des options se fait à partir des relations de surclassement. Pour dénombrer, à partir d'un tel modèle de préférence, les options strictement préférées à **a**, l'algorithme de classement fait intervenir un seuil λ tel que seuls les surclassements dont le degré de crédibilité est supérieur à ce seuil ont lieu d'intervenir dans le dénombrement. Le seuil λ peut être une constante. Toutefois, il peut aussi être défini non pas a priori (une fois pour toute), mais en fonction de paliers successifs déterminés par l'état d'avancement de la procédure. Ce seuil est appelé le niveau de séparation.

Ainsi, la puissance de **a** est le nombre d'éléments qui, dans l'ensemble des districts écologiques, sont surclassés par **a** significativement plus fortement qu'ils ne surclassent **a** et ce, avec une crédibilité strictement supérieure à S (λ).[20] La faiblesse de **a** est le nombre d'éléments qui, dans l'ensemble des districts écologiques, surclassent **a** significativement plus fortement que **a** ne les surclasse et ce, avec une crédibilité strictement supérieure à S (λ). Il en résulte que :

- plus la puissance d'un élément est grande, plus il doit venir en tête dans le classement; et
- plus la faiblesse d'un élément est grande, plus il doit venir en queue dans le classement.

L'algorithme de classement, tel qu'il vient d'être défini, procède ainsi en abaissant progressivement le niveau de séparation qui définit les paliers. La détermination du niveau de séparation dépend des valeurs des degrés de crédibilité.

Le processus interactif consistant à rechercher un sous-ensemble d'actions de plus en plus réduit ayant une qualification maximum pour des paliers de plus en plus bas, sera appelé distillation descendante (noté $\overline{P}$). De même, il est tout aussi naturel de progresser dans la recherche de la dernière classe des actions non encore classées en prenant appui sur les actions de qualification minimum. Ceci conduit à définir une distillation ascendante et à enchaîner ces distillations ascendantes de façon à construire le second préordre $\underline{P}$.

Le préordre partiel, intersection des deux préordres complets $\overline{P}$ et $\underline{P}$, fournira le rangement que l'on est en droit de considérer comme bien établi sur la base des données disponibles.

Dans l'exemple d'application, il y aura, pour la distillation ascendante, quatre niveaux de séparation possibles et ce, selon les degrés de crédibilité, soit :

---

[20] S (λ) est le seuil de discrimination. Ce seuil peut être une constante ou une fonction. Il sert à fixer, selon les deux surclassements comparés, le degré de signification pour qu'une option soit jugée meilleure qu'une autre. Dans cet exemple d'application, le S (λ) a été fixé en fonction de la problématique des indices d'importance qui joue un rôle prépondérant dans le rangement des districts écologiques.

- 0.57 qui classera les districts à enjeux majeurs; et
- 0.42, 0.24 et 0.14 qui établiront un rangement parmi les districts écologiques à enjeux importants.

À la fin de la distillation descendante, les districts écologiques non classés seront les districts écologiques à enjeux faibles.

Pour la distillation ascendante, il n'y aura qu'un niveau de séparation, soit 0.14.

De même, le seuil de discrimination sera constant à 0.13 pour les deux distillations. Pour que **a** soit jugé meilleur que **b**, il faudra que **a** surclasse **b** plus fortement que **b** surclasse **a**, avec un degré de crédibilité strictement supérieur à 0.13 (ce qui correspond au poids d'un enjeu important).

La détermination des niveaux de séparation et du seuil de discrimination repose sur les considérations émises précédemment au sujet des indices d'importance des critères.

Voyons en détail comment s'effectue le rangement de la distillation descendante produit par l'algorithme de rangement ainsi défini.

LE NIVEAU DE SÉPARATION ASSOCIÉ AU 1er DISTILLAT = .57
QUALIFICATION DES OPTIONS

-24
-4
-4
-4
24
20
0
-4
0
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
0
-4
0
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
-4
20
-4

L'OPTION 1 APPARTIENT AU RANG 1 DE LA DISTILLATION DESCENDANTE
L'OPTION 5 APPARTIENT AU RANG 1 DE LA DISTILLATION DESCENDANTE

Comme le montre le tableau de la matrice résiduelle des degrés de crédibilité (Tableau 4), les degrés de crédibilité des options 1 et 5 sont initialisés à zéro, de manière à ce que ceux-ci n'interviennent plus dans la qualification des options. Le rangement des districts écologiques continuera ainsi jusqu'à ce que toutes les options soient classées.

OPTIONS, puis vers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OPTIONS 1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
3	.00	.01		.01	.00	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.28	.00	.01	.28	.01	.29	.28	.28	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
4	.00	.01	.01		.00	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.01	.01	.01	.00		.29	.15	.15	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.15	.29	.15	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
7	.00	.01	.01	.01	.00	.15		.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.14	.43	.01	.15	.01	.01	.15	.01
8	.00	.01	.01	.00	.00	.57	.28		.14	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
9	.00	.01	.01	.01	.00	.14	.28	.15		.14	.00	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.36	.01	.14	.01	.01	.15	.01
10	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.43	.15	.29		.00	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
11	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.14		.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.00	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
12	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.15	.01		.01	.01	.14	.01	.29	.14	.29	.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.58	.01
13	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29		.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
14	.00	.01	.00	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00		.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
15	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.04	.01	.15	.01	.01		.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.43	.01	.15	.01	.01	.58	.01
16	.00	.01	.01	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28		.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
17	.00	.01	.01	.01	.00	.14	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01		.28	.29	.01	.01	.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.15	.01
18	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.23	.01	.29		.29	.01	.01	.15	.15	.32	.01	.15	.01	.01	.58	.01
19	.00	.01	.01	.01	.00	.14	.28	.15	.28	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.15	.28		.01	.01	.14	.14	.28	.01	.14	.01	.01	.15	.01
20	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.15	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29		.01	.14	.14	.43	.01	.14	.01	.01	.58	.01
21	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.42	.15	.29	.14	.01	.29	.01	.01	.28	.01	.29	.28	.29	.01		.14	.14	.42	.01	.14	.01	.01	.58	.01
22	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.26	.01	.29	.29	.29	.01	.01		.15	.35	.01	.15	.01	.01	.58	.01
23	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.21	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15		.29	.01	.15	.01	.01	.58	.01
24	.00	.01	.01	.01	.00	.57	.31	.15	.29	.09	.01	.15	.01	.01	.28	.01	.24	.28	.29	.01	.01	.15	.14		.01	.15	.01	.01	.58	.01
25	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42		.14	.01	.01	.58	.00
26	.00	.01	.01	.01	.00	.58	.29	.15	.29	.01	.01	.15	.01	.01	.29	.01	.29	.29	.29	.01	.01	.15	.15	.40	.01		.01	.01	.58	.01
27	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14		.01	.58	.00
28	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.42	.14	.28	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.42	.01	.14	.01		.58	.00
29	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.28	.14	.14	.14	.00	.28	.00	.00	.28	.00	.14	.28	.14	.00	.00	.14	.14	.42	.00	.14	.00	.01		.00
30	.00	.01	.00	.00	.00	.57	.42	.15	.28	.14	.00	.28	.00	.01	.28	.01	.28	.28	.28	.00	.00	.14	.14	.00	.01	.14	.01	.01	.00	

Tableau 4. Matrice résiduelle : degrés de crédibilité

Distillat (numéro)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Niveau de séparation	0.57	0.57	0.42	0.28	0.28	0.28	0.28	0.14	0.14	
Option	Degré de qualification des options									Préordre
1	24									1
2	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-6	-2	
3	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
4	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
5	24									1
6	20	22								2
7	0	0	16							3
8	-4	-2	0	-3	-2	-2	-1	13	13	9
9	0	0	0	18						4
10	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-10	13	9
11	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
12	-4	-2	-1	15	15	15	15			7
13	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
14	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
15	-4	-2	-1	16	16	16				6
16	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
17	0	0	-2	15	17					5
18	-4	-2	0	18						4
19	0	0	0	18						4
20	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
21	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
22	-4	-2	0	-4	-1	0	0	14		8
23	-4	-2	0	-4	-1	0	0	14		8
24	-4	-2	16							3
25	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
26	-4	-2	0	-5	-2	-1	0	14		8
27	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
28	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	
29	20	22								2
30	-4	-2	-2	-6	-3	-2	-1	-5	-2	

Tableau 5. Distillation descendante

OPTIONS vers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OPTIONS 1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
3	.00	.01		.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
4	.00	.01	.01		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
11	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
13	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00		.01	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
14	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
16	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
17	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
18	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
19	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
20	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00		.01	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
21	.00	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.01		.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	.01
22	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
23	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
24	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00
25	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.01	.01	.00	.00
26	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00
27	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00		.01	.00	.00
28	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01		.00	.00
29	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
30	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01	.01	.00	

FIN DE LA DISTILLATION DESCENDANTE

Tableau 6. Matrice résiduelle : degrés de crédibilité

À la fin de la distillation descendante, tous les districts écologiques non classés sont des districts à enjeux environnementaux faibles. Le programme effectue ensuite la distillation ascendante. Les résultats des deux distillations ainsi que le rangement final (intersection des deux distillations) sont présentés au tableau 7.

Distillation descendante		Distillation ascendante	
Options	Rang	Options	Rang
1, 5	1	1, 5	1
6, 29	2	7, 9, 19	2
7, 24	3	6, 29	3
9, 18, 19	4	18, 24	4
17	5	15	5
15	6	12, 17	6
12	7	8	7
22, 23, 26	8	22, 23	8
8, 10	9	26	9
		10	10
2, 3, 4, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	10	2, 3, 4, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	11

Tableau 7. Rangement des districts écologiques : ELECTRE III

Le rangement des districts écologiques fait par ELECTRE III est relativement semblable à la classification d'Hydro-Québec. Il y a cependant certaines différences, comme le montre le tableau suivant :

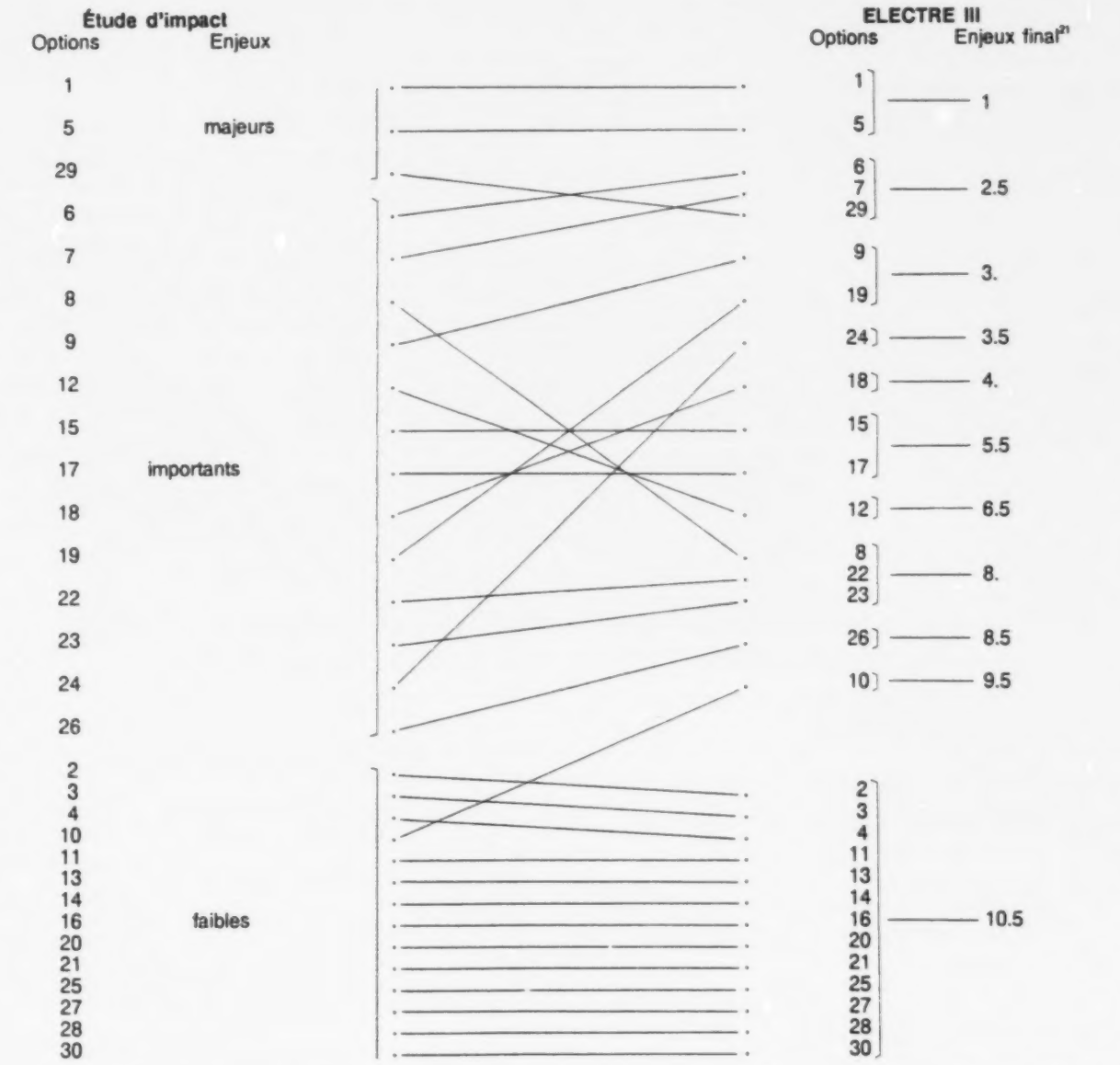


Tableau 8. Rangements finaux des districts écologiques

[21] Les rangs finaux sont calculés en faisant l'intersection des deux distillations.

Le rangement d'ELECTRE III est beaucoup plus détaillé que celui de l'étude d'impact : il présente 11 classes d'équivalence comparativement à 3. Cela tient essentiellement au fait que le modèle ELECTRE III distingue entre les options ayant des enjeux environnementaux majeurs et celles ayant des enjeux importants. Par exemple, l'étude d'impact juge les options 24 et 26 comme équivalentes alors qu'ELECTRE III considère l'option 24 comme "meilleure" que l'option 26. ELECTRE III apporte ainsi plus de nuances à la classification des districts écologiques.

La première classe d'équivalence du rangement d'ELECTRE III représente les districts écologiques à enjeux majeurs. La dernière classe d'équivalence (rang 10.5) représente les districts écologiques à enjeux environnementaux faibles. Le rangement de ces deux classes extrêmes est fiable. Là où il semble y avoir certaines différences, c'est au niveau des classes intermédiaires classifiant les enjeux environnementaux importants. Les cas où il y a des différences importantes sont les districts 6, 7 et 29 qui appartiennent à la même classe d'équivalence selon ELECTRE III, alors qu'ils n'appartiennent pas aux mêmes types d'enjeux selon l'étude d'impact. Par ailleurs, le district 10 n'appartient pas à la classe correspondant aux districts à enjeux faibles selon ELECTRE III, alors qu'il est un enjeu faible selon l'étude d'impact. Ces apparentes contradictions s'expliquent probablement du fait que certains paramètres ayant servi de fondements à la hiérarchisation des districts écologiques n'ont pas été clairement précisés dans l'étude d'impact. Notons à nouveau qu'il est parfois difficile de cerner les facteurs permettant de différencier un enjeu environnemental majeur d'un enjeu important. En effet, les considérations sur lesquelles se base le rangement des districts écologiques et qui sont traduites dans le programme du modèle ELECTRE III sont sûrement correctes, mais il doit y manquer certaines précisions qui n'ont pas été clairement exprimées dans l'étude d'impact.

L'analyse qui suivra sera donc purement spéculative et n'a pour objectif que d'arriver au même rangement que celui de l'étude d'impact. Comme le rangement effectué par ELECTRE III est basé uniquement sur les données comprises dans le tableau d'évaluation multicritère, nous chercherons donc à compléter les préférences émises par le promoteur de ce projet, à partir de ce tableau.

Nous avons déjà mentionné que le rôle de la superficie boisée semble être nul. Pourtant, le promoteur a tenu à garder les évaluations dans le tableau d'évaluation multicritère : pourquoi? De même, nous avons considéré que tous les districts écologiques ayant un paysage reconnu seraient jugés comme enjeux majeurs. Or, l'option 6 a un paysage reconnu, mais n'est pas considérée comme un enjeu majeur dans l'étude d'impact, tandis que l'option 29 a, elle aussi, un paysage reconnu et est considérée comme un enjeu majeur (seule cette évaluation est encerclée pour ces deux options). Qu'est-ce qui permet de les différencier alors?

On pourrait ici se demander quels sont les paramètres qui définissent ou qui confirment la présence d'un paysage reconnu. Nous nous pencherons plus précisément sur le deuxième aspect de la question, à savoir qu'est-ce qui confirme le paysage reconnu. Toujours en fonction des données du tableau d'évaluation multicritère, nous supposerons qu'un paysage reconnu sera considéré comme un enjeu majeur si cette évaluation est appuyée par un autre critère. La superficie boisée d'un district écologique pourrait alors être utilisée comme un indice supplémentaire au critère "paysage reconnu", venant confirmer ou infirmer le potentiel de ce paysage comme milieu de villégiature ou de récréation. De même, le nombre de chalets pourrait lui aussi servir d'indice confirmant la présence d'un paysage reconnu. De cette façon, un district écologique sera considéré comme un enjeu environnemental majeur si, premièrement, il est caractérisé par un paysage reconnu avec, deuxièmement :

- soit un nombre de chalets élévé;
- soit un pourcentage élevé de superficie; ou
- soit les deux.

Ces deux critères d'évaluation viennent confirmer le potentiel du paysage reconnu, tandis qu'un district écologique ayant seulement un paysage reconnu serait considéré comme un enjeu important (à l'exemple de l'option 6).

La différence entre les deux rangements pour l'option 10 met en évidence le même genre de raisonnement mais, cette fois-ci, du point de vue agricole. Selon le modèle ELECTRE III, l'option 10 a été considérée comme un enjeu important alors que l'étude d'impact la classe comme un enjeu faible. Cette contradiction vient essentiellement du fait que, pour le critère "superficie cultivée", toutes les évaluations supérieure à 40% ont été considérées comme des enjeux importants par ELECTRE III. Or, dans l'étude d'impact, l'évaluation de 43% de l'option 10 n'a pas été encadrée : pourquoi? Même chose pour l'évaluation de 42% sur l'option 7. On pourrait alors appliquer ici le même raisonnement que pour les paysages reconnus et considérer qu'un district écologique devient un enjeu important d'un point de vue agricole si l'évaluation sur la superficie cultivée est très élevée par rapport à la moyenne de la région; cependant, dans les cas où la superficie cultivée est légèrement supérieure à la moyenne de la région écologique (qui est de 31%), ce "potentiel" agricole devra être "confirmé" par une superficie de sols 1, 2, 3 relativement importante. C'est ainsi que, dans le tableau d'évaluation de l'étude d'impact, les pourcentages de superficie cultivée n'ont pas été encadrés pour l'option 7 et l'option 10, tandis que l'évaluation de l'option 23 (qui est égale à 60) a été encadrée, même si la superficie de sols 1, 2, 3 est très faible (égale à 3%). Le promoteur semble donc avoir utilisé certains seuils pour déterminer si les évaluations portant sur certains districts écologiques seraient encadrées ou non. Cependant, il n'y a aucune mention de cette pratique, qui semble pourtant évidente maintenant, dans l'étude d'impact.

Voyons maintenant, et très brièvement, comment on pourrait inclure ces dernières constatations purement spéculatives au modèle ELECTRE III.

Les considérations émises en regard du critère "paysage reconnu" et du critère "superficie cultivée", se rapprochent du concept d'un seuil de veto mais, cette fois-ci non pas en fonction de deux options pour un même critère (tel que

Distillation descendante		Distillation ascendante	
Options	Rang	Options	Rang
1, 5	1	1, 5	1
29	2	9, 19, 29	2
24	3	18, 24	3
9, 19	4	12, 15	4
18	5	7, 17	5
7, 17	6		
15	7	8	6
12	8	22, 23	7
6, 8, 22, 23, 26	9	26	8
		6	9
2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	10	2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30	10

Tableau 9. Rangement des districts écologiques : ELECTRE III

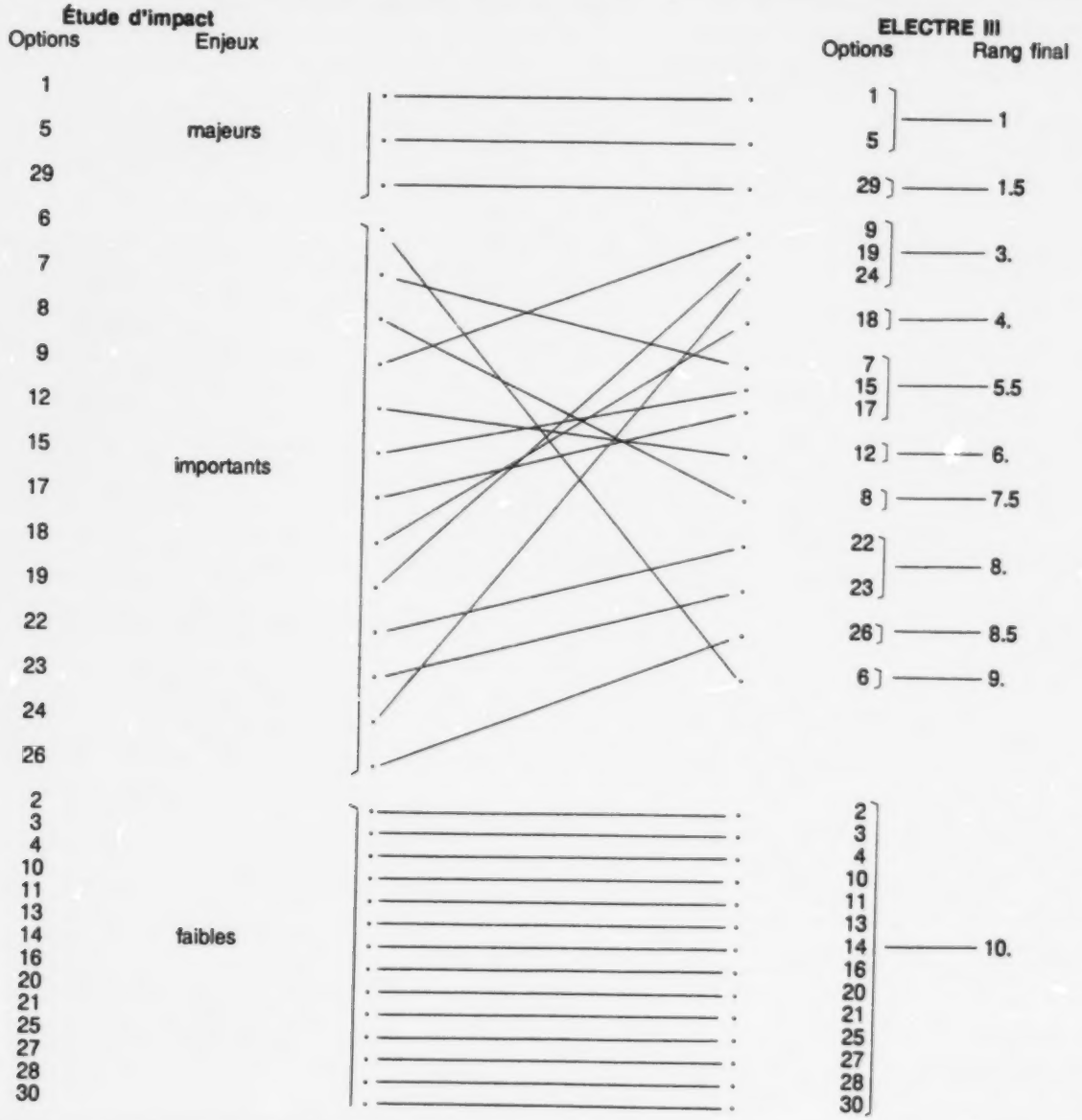


Tableau 10. Rangements finaux des districts écologiques

l'entend ELECTRE III), mais plutôt en fonction de l'évaluation d'un critère par rapport à l'évaluation d'un autre et ce, pour la même option (deux critères par rapport à une option). Ce pseudo-seuil de veto viendrait ainsi réduire ou confirmer l'évaluation portant sur un critère en fonction des autres critères d'évaluation d'une même option. Il s'agirait donc d'introduire dans la modélisation les conditions émises auparavant. Ces conditions seront traduites dans le programme sous la forme d'expressions logiques permettant la modification des évaluations dans la matrice des données brutes.

Cet apport original au modèle ELECTRE III a pour but de répondre aux "contradictions" rencontrées entre la première application d'ELECTRE III et le rangement de l'étude d'impact.

Ainsi, tous les paramètres définis lors de la première application d'ELECTRE III resteront les mêmes. Cependant, à cette modélisation seront ajoutés les éléments suivants lors de la modification de la matrice de données brutes.

- Si un district écologique a un paysage reconnu et si, pour ce même district écologique, le pourcentage de superficie boisée est supérieur ou égal à 85[22] ou si le nombre de chalets est supérieur ou égal à 162, alors le paysage reconnu aura une évaluation correspondant à 4, sinon il aura une évaluation correspondant à 2.

- Si un district écologique a une évaluation entre 39 et 50[22] pour la superficie cultivée, alors ce même district écologique conservera cette évaluation si la superficie de sol 1, 2, 3 est supérieure à 3[22], sinon l'évaluation portant sur ce critère égalera 0. Si la superficie cultivée est supérieure à 50[22], alors l'évaluation sera automatiquement conservée comme telle.

Avec ces quelques modifications, voyons maintenant quel est le rangement final des options.

Les résultats de cette deuxième application de la méthode ELECTRE III se rapprochent davantage du rangement de l'étude d'impact. En effet, il n'y a plus de recouvrement entre les trois types d'enjeux de l'étude d'impact avec le rangement d'ELECTRE III. On pourrait en déduire, sous toutes réserves, que les modifications apportées à la matrice des données brutes sont le reflet des préférences du promoteur. Cependant, selon les modalités d'application de la méthode, seul le rangement des options 1, 5 (classe 1), 29 (classe 1.5), 24 (classe 3), 6 (classe 9) et 2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 25, 27, 28, 30 (classe 10) peut être considéré comme fiable à 100% en fonction de l'information introduite dans le modèle. Le rangement final d'ELECTRE III pour les autres options est moins sûr, car les deux rangements inverses (distillations descendante et ascendante) présentent certaines différences (cf. tableau 8, page 90). Cependant, on peut être assuré que ces districts écologiques, soit les options 9, 19, 18, 12, 15, 7, 17, 8, 22, 23 et 26, sont des enjeux importants, car ces mêmes options sont bien encadrées dans les deux distillations par des classes d'équivalence représentant les enjeux majeurs et faibles et pour lesquelles on a un rangement fiable.

[22] Ces valeurs ont été choisies en fonction de la matrice de données car il n'y a aucune référence dans l'étude d'impact à ce sujet.

5. CONCLUSION

La méthode ELECTRE III met l'accent sur la cohérence des choix. En plus de reproduire fidèlement le même classement que celui de l'étude d'impact, l'application de la méthode à la problématique de rangement des districts écologiques apporte plus d'informations que la méthode utilisée dans l'étude d'impact.

Considérant que :

1. la définition de pseudo-critère, par l'introduction des seuils de préférence stricte, de préférence faible et de veto sur les critères d'évaluation, permet une meilleure compréhension des évaluations qui ont eu un rôle effectif dans le rangement des districts écologiques;

2. la pondération des critères, par l'introduction des indices d'importance de :
   0.57 sur le critère "paysage reconnu"
   0.14 sur le critère "superficie boisée"
   0.14 sur le critère "superficie de sols 1, 2, 3"
   0.14 sur le critère "nombre de chalets"
   0.01 sur le critère "superficie boisée"
   permet de mieux saisir l'importance relative accordée au critère "paysage reconnu" par rapport aux autres critères;

3. la définition de l'ensemble des actions potentielles, c'est-à-dire la définition de l'ensemble des districts écologiques sur lequel portera la hiérarchisation, a permis de constater que le rangement des 74 districts écologiques s'est fait en fonction de chacune des 8 régions écologiques. En d'autres termes, il y a une hiérarchisation par région écologique.

Nous croyons que, par comparaison à la méthode utilisée dans l'étude d'impact, l'application de la méthode ELECTRE permet de mieux structurer la problématique de rangement des districts écologiques, et par conséquent, de mieux cerner les paramètres intervenant dans la hiérarchisation des districts écologiques et de mieux saisir leur fonctionnement. Entre autres, la définition de l'ensemble des actions potentielles révèle indirectement que les évaluations basées sur les critères classant un district écologique comme un enjeu important dans la région écologique du bas-plateau appalachien auraient bien pu donner un autre résultat dans la région écologique voisine, puisque les comparaisons ne se font pas sur la même base de données. En d'autres termes, le promoteur du projet à l'étude a donc effectué une autre réduction de la zone d'étude, en fonction des régions écologiques, avant d'effectuer la hiérarchisation des districts écologiques. Aussi, la structure formelle de la méthode ELECTRE III permet de faire ressortir certaines "incohérences" dans le rangement des districts écologiques de la région écologique du bas-plateau appalachien de l'étude d'impact. Par exemple, comment expliquer le fait que les districts écologiques numéros 6 et 29, qui ont pratiquement les mêmes évaluations, soient classés respectivement comme étant des enjeux importants et majeurs dans l'étude d'impact? Ce questionnement, qui nous a conduit à une série de spéculations quant au rôle effectif qu'aurait pu jouer le critère "superficie boisée" dans la hiérarchisation des districts écologiques, met en évidence des "incohérences" difficilement explicables dans l'application de la méthode utilisée par le promoteur du projet à l'étude. D'un autre côté, ces incohérences, qui ont été rapidement détectées en comparant les résultats de la première application du modèle ELECTRE III aux résultats de l'étude d'impact, permettent d'apprécier la sensibilité du modèle ELECTRE III. Finalement, l'attribution d'indices d'importance aux critères ayant servi au rangement des districts écologiques souligne toute l'importance relative accordée au critère "paysage reconnu", donc à la vocation récréo-touristique des districts écologiques. En effet, à lui seul, ce critère prend autant d'importance que tous les autres critères mis ensemble. Or, comme nous avons pu, avec cette pondération, reproduire le même classement que celui de l'étude d'impact, nous croyons que l'échelle de valeur, utilisée pour les critères dans l'exemple d'application, exprime relativement bien les préférences du promoteur, considérant (à l'exemple du district numéro 24, cf. tableau 2) qu'un district écologique n'ayant pas de paysage reconnu mais ayant des évaluations fortes pour les autres critères sera néanmoins classé comme un enjeu important.

En conférant une structure formelle au processus de rangement des districts écologiques, la méthode ELECTRE III favorise aussi la communication des résultats d'analyse au public et aux preneurs de décisions. Sans avoir étudié précisément cet aspect du processus d'EIE dans ce travail, il apparaît néanmoins que la participation de plusieurs intervenants à un examen critique des études d'impact favorise l'utilisation de méthodes d'information permettant, par exemple, de bien saisir toutes les étapes et tous les paramètres intervenant dans le rangement final des districts écologiques. Pour ce dernier point, nous croyons que la méthode ELECTRE III est un outil excellent. Combiné aux capacités de traitement des ordinateurs, le potentiel de la méthode comme outil de communication et de structuration des prises de décisions pourrait permettre à un large éventail de personnes de tester leurs points de vue par rapport à ceux des promoteurs. Cette utilisation potentielle de la méthode ELECTRE pourrait même aller jusqu'à une participation active des divers intervenants à certaines phases critiques du processus d'EIE, par exemple le choix d'une pondération des critères, et permettrait une réponse rapide aux incompatibilités dans les choix des divers intervenants, de façon à orienter, dans la mesure du possible, les solutions. De plus, il serait intéressant de confronter la méthode ELECTRE à cette hypothèse par des

analyses de sensibilité du modèle et des implications possibles pour le processus d'EIE.

La méthode ELECTRE met donc l'accent sur la cohérence des choix. Sa principale difficulté réside dans le fait que, si l'on n'introduit pas d'hypothèses assez fortes portant sur les critères retenus, la méthode ne permettra pas de départager les options en comparaison. La clef du succès de l'utilisation de cette méthode est de chercher à accorder une signification aux différents seuils et paramètres utilisés, de manière à garder un certain contrôle sur la méthode et de pouvoir ainsi interpréter les résultats obtenus. Sur ce point, il reste à effectuer des analyses de sensibilité du modèle, de manière à cerner encore plus précisément les limites de la méthode.

MEMBRES DU CONSEIL

Tom Beck
Environmental Consultant
422 33rd Avenue N.W.
Calgary (Alberta)
T2C 0B4
(403) 277-1363

Peter Boothroyd
School of Community & Regional Planning
2206 East Mall
University of British Columbia
Vancouver (Colombie-Britannique)
V6T 1W5
(604) 228-4155

Katherine Davies
Eco-Systems Consulting Inc.
44 Eastmount Avenue
Toronto (Ontario)
M4K 1V1
(416) 463-3545

Nancy Doubleday
Inuit Circumpolar Conference
510, 170 Laurier Ave. W.
Ottawa (Ontario)
K1P 5V5
(613) 238-8181

Michel Garlépy
Institut d'urbanisme
Université de Montréal
5620, avenue Darlington
Montréal (Québec)
H3C 3J7
(514) 343-6386

Susan Holtz
Environmental Consultant
Stanbrae Road
Ferguson's Cove
Box 49, Site 15
RR5 Armdale (Nouvelle-Écosse)
B3L 4J5
(902) 477-3690

Esther Jacko
Chief & Council
Whitefish River, First Nation
General Delivery
Birch Island (Ontario)
P0P 1A0
(705) 285-4335

David Kiell
Environmental Services
Newfoundland & Labrador Hydro
P.O. Box 12400
St. John's (Terre-Neuve)
A1A 2X8
(709) 737-1494

Luc Ouimet
Bureau de consultation de Montréal
300, rue Saint-Paul est
3e étage
Montréal (Québec)
H2Y 1H2
(514) 872-7807

Fred Roots
Environment Canada
10th Floor, Fontaine Bldg.
200 Sacré-Coeur Boulevard
Hull (Québec)
K1A 0H3
(819) 997-2393

Louise Roy
Environnement et relations avec les groupes d'intérêt public
3855, avenue Northcliffe
Montréal (Québec)
H4A 3K9
(514) 481-2576 - (514) 283-7289

Robert Walker
Environment
Saskatchewan Power Corporation
8th Floor, West Wing
2025 Victoria Avenue
Regina (Saskatchewan)
S4P 0S1
(306) 566-2877

LISTE DES MEMBRES DU SECRÉTARIAT

John F. Herity
Direction de la politique et de l'administration
*BFEEE
13e étage, Immeuble Fontaine
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3
(819) 997-2254

Patrice LeBlanc
*BFEEE/CCREE
13e étage, Immeuble Fontaine
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3
(819) 997-2253

Husain Sadar
*BFEEE/CCREE
13e étage, Immeuble Fontaine
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull, Québec
K1A 0H3
(819) 997-2211

Robert H. Weir
Directeur
Le service professionnel, environnement
*ACDI
200, Promenade du Portage
Place du Centre
Pièce 735, 7e étage
Hull (Quebec)
K1A 0G4
(819) 997-6731

Barry Sadler
Institute of the North American West
1631 Barksdale Dr.
Victoria, B.C.
V8N 5A8
(604) 477-8752

Chantal Sirois
CCREE
13e étage, Immeuble Fontaine
200, boulevard Sacré-Coeur
Hull (Québec)
K1A 0H3
(819) 953-2395

Robert Boulden
Division des systèmes des impacts environnementaux
15e étage, P.V.M.
351, boulevard St. Joseph
Hull (Québec)
K1A 0H3
(819) 953-1690

---

* **BFEEE** (Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales)
* **ACDI** (Agence canadienne de développement international)